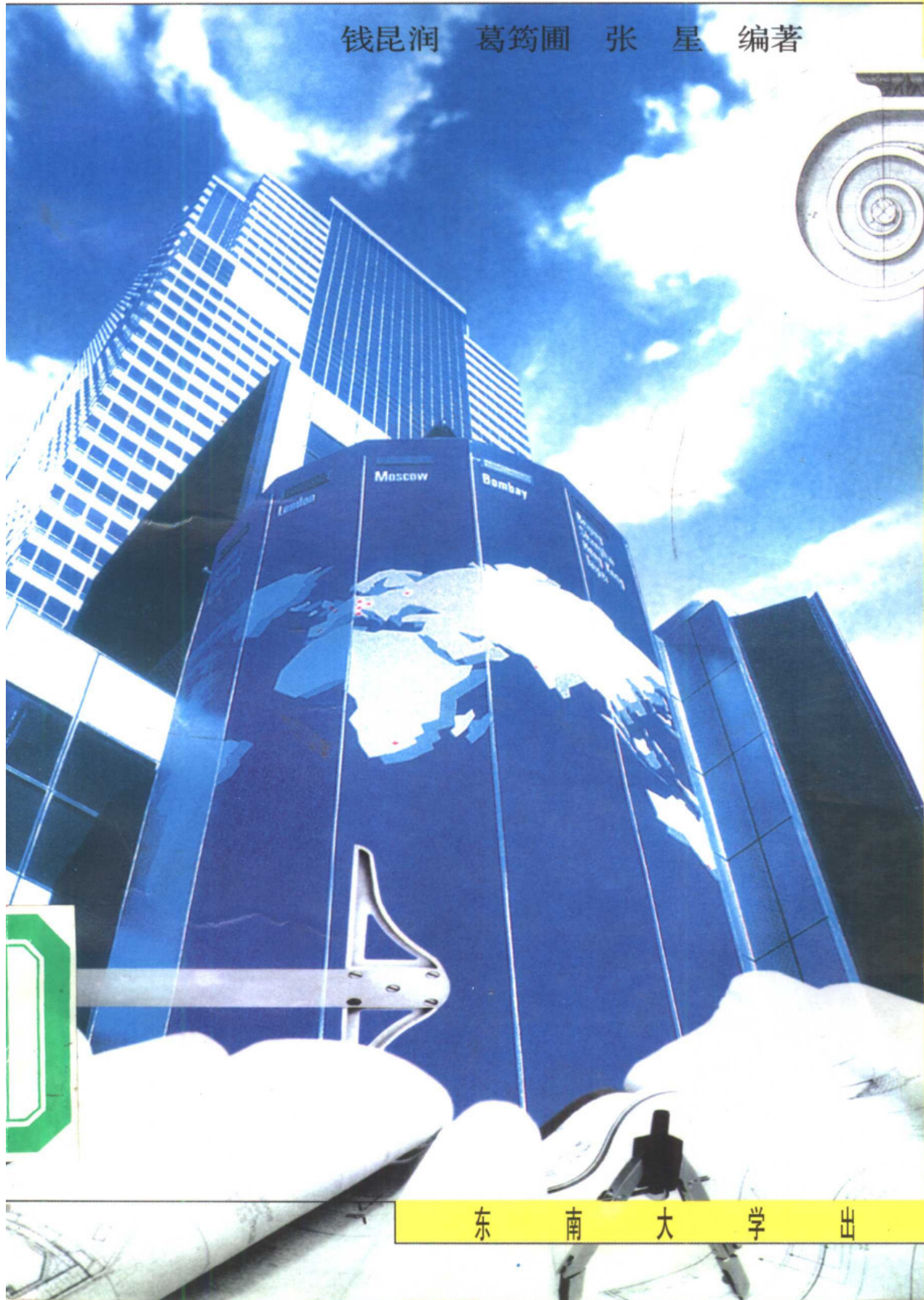
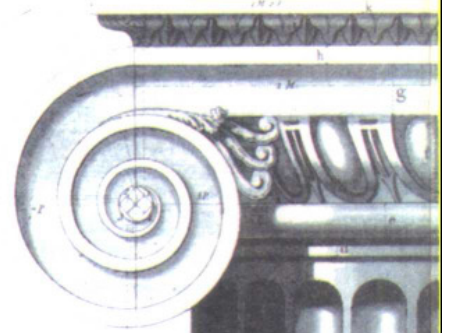


建筑施工组织设计

钱昆润 葛筠圃 张星 编著



东南大学出版社

TU721
2

建筑施工组织设计

钱昆润 葛筠圃 张 星 编著

北方工业大学图书馆



00481413

东南大学出版社

内 容 提 要

本书是在原《建筑施工组织与计划》(1989年东南大学出版社出版)一书的基础上修订而成,并更名为《建筑施工组织设计》。

本书主要内容分三大部分:建筑施工流水作业和当前国内外网络计划技术及其优化的新方法;施工组织总设计和单位工程施工组织设计;编制施工组织设计的资料及示例。

本书是高等院校土建及建筑管理专业教材,也可作为职大、电大、自学考试及建筑管理人员培训班教学用书。

本书还是各类建筑施工企业编制施工组织设计的专用书,同时也是建筑企业计划和管理人员及基建人员的适用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工组织设计/钱昆润,葛筠圃,张星编著.

南京:东南大学出版社,2000.3

ISBN 7-81050-566-1

I. 建… II. ①钱… ②葛… ③张… III. 建筑工程-施工组织-设计 IV. TU721

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 10723 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼2号 邮编210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 南京京新印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:18.5 字数:462千字

2000年3月第1版 2000年3月第1次印刷

印数:1~3000 定价:25.00元

(凡因印装质量问题,可直接向我社发行科调换)

前 言

本书是在原《建筑施工组织与计划》(1989年东南大学出版社出版)一书的基础上修订而成,并更名为《建筑施工组织设计》。书中补充了当前建筑业改革中应用的现代化施工组织和管理方法,并注重贯彻我国现行规范、规程及有关文件,使本书的理论与生产实际情况更加密切结合。

本书内容大致分为三大部分,共八章:第一部分讲述建筑施工流水作业和当前国内外网络计划技术及其优化的新方法;第二部分详细讲述了编制施工组织总设计和单位工程施工组织设计的原则、依据和具体方法,以及施工总平面图设计及施工平面图设计;第三部分介绍了编制施工组织设计的有关资料和多种示例。

本书的绪论和第一、三章由钱昆润编写;第二、四章由张星编写;第五、六、八章及第七章的第二、三节由葛筠圃编写;第七章的第一节由冯桂烜、陈友曾编写。

由于编者的水平有限,书中难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编者

1999年7月

目 录

绪论	(1)
第一章 建筑施工组织设计概论	(4)
第一节 基本建设程序与施工组织设计	(4)
第二节 施工准备工作	(5)
第三节 施工组织设计概念	(8)
第四节 施工原始资料的调查研究	(11)
第五节 组织施工的基本原则	(14)
第二章 施工组织流水作业	(16)
第一节 流水施工的基本概念	(16)
第二节 施工项目的划分	(17)
第三节 流水施工的基本参数	(18)
第四节 流水施工的种类	(20)
第五节 多层流水作业	(26)
第三章 网络计划技术	(33)
第一节 网络计划的基本概念	(33)
第二节 绘制网络图	(36)
第三节 网络计划的时间参数计算及关键线路的确定	(44)
第四节 绘制水平进度	(63)
第五节 其它网络计划	(64)
第六节 网络计划优化	(110)
第七节 网络计划的检查与调整	(141)
第八节 网络计划电算概念	(147)
第四章 单位工程施工组织设计	(154)
第一节 概述	(154)
第二节 编制单位工程施工组织设计的基本原则	(157)
第三节 施工方案的优选	(158)
第四节 单位工程施工进度计划	(171)
第五节 单位工程施工平面图	(176)

第五章 施工组织总设计	(180)
第一节 施工组织总设计的内容和编制依据.....	(180)
第二节 施工部署.....	(184)
第三节 施工总进度计划及资源供应计划的编制方法.....	(189)
第四节 施工总平面图设计.....	(195)
第六章 建筑工地业务组织	(199)
第一节 临时仓库、办公生活用房	(199)
第二节 建筑工地的运输业务.....	(207)
第三节 建筑工地临时供水.....	(211)
第四节 建筑工地临时供电.....	(221)
第七章 施工组织设计示例	(229)
第一节 工业建筑施工组织总设计示例摘要.....	(229)
第二节 高层公寓群体工程施工组织总设计示例.....	(249)
第三节 单位工程施工组织设计示例.....	(271)
第八章 施工组织设计的贯彻、调整和竣工验收及回访保修	(280)
第一节 施工组织设计的贯彻和调整.....	(280)
第二节 建筑工程竣工验收和交付使用.....	(281)
第三节 工程的回访和保修.....	(287)
参考文献	(289)

绪 论

一、建筑施工组织设计的任务

建筑业是国民经济中的一个独立的物质生产部门,是我国国民经济中的一项支柱产业,它担负着当前国家经济发展与工程建设的重大任务。建筑施工与安装是工程建设的重要组成部分,是在工程建设中历时最长,耗用物资、财力及劳动力最多的一个阶段。因此,在工程建设项目施工前必须做好一切准备工作,“施工组织设计”就是准备工作中的一项重要文件。国家建委曾有过明确的规定,在基本建设的各个阶段中必须编制相应的施工组织设计文件,并且要经过有关部门的审核、签证后方能施工,即工程建设必须遵循经批准的“施工组织设计”。施工组织设计的内容与任务,在本书中将全面、系统地讨论与介绍。

施工组织设计是我国基本建设程序中必要的文件。我国第一个五年计划期间,在某些大中型工业建设工程中,开始推行施工组织设计,并取得较大的成效。从此以后,“建筑施工组织设计”在我国逐渐全面推广。建国 50 年来,经历亿万建设工程项目的实践考验和革新,以往不少陈旧的、传统的规程、文件、方法,在不断改革中得到更新、发展或否定。惟独“施工组织设计”在工程建设中始终得到肯定和使用,被公认是施工中不可缺少的、必须遵循的文件。无数实践证明,它决不是一种形式,而是切实必要的文件。没有施工组织设计或施工组织设计编制得不好、审核得不严,都将给工程建设带来种种损失,并使质量、工期、安全得不到保证。经过 50 年来的工程实践,我国已积累了丰富的经验,使“施工组织设计”日趋充实、完善,并增加了许多现代的先进科学技术。

“施工组织设计”文件,在有些国家被称为“施工准备工作”。它是实践中总结出来的经验,也是工程施工中必须遵循的客观规律,任何违背这种规律的做法,必然会延缓施工速度,且难以保证工程质量与施工安全,造成施工中人力、物力的浪费,直接影响国民经济建设的成效。因此,研究建筑施工组织设计的理论及其在实际工程建设中的应用,有重要意义。

二、组织工程施工要考虑建筑产品生产过程的特点

建筑产品的生产过程有以下特点:

1. 建筑产品施工要在限定的地点上进行

建筑产品施工要在限定的地点(即工地)上进行,各类建筑工人和各种施工机械均在此工地上进行操作。在有限的时间、空间上,要想发挥工人和施工机械的最大工效,避免相互之间的矛盾,使施工进度有条不紊,必须应用先进的技术和方法,编制出合理的施工计划,并用它来协调各方面在空间和时间上的关系,处理好各方面的矛盾,否则很难做到有节奏地、顺利地、科学地进行施工。对拥有数百、上千甚至上万名建筑工人的大型建设工程,编制合理的施工计划尤为必要。

2. 建筑业是劳动密集的行业,必须重视计划的平衡和优化

由于建筑产品体积庞大,需消耗的物资种类多、数量大,而且生产周期较长,施工期占用的资金多,特别是耗用劳动力多,因此,在组织建设工程的施工时,必须重视劳动力、资源、资金的综合平衡,应按照企业现有的或可能得到的人力、物力、财力来编制施工计划,并尽力达到资源、成本与工期的优化。

3. 建筑施工的系统性与灵活性

一项建设工程是由许多工种来完成的。一个工种的施工过程可采用不同的施工方法、不同的施工机械与设备来完成。同样,材料和物资的供应也有数种运输方式和若干种运输工具。工程施工组织还涉及仓库、附属加工企业(如混凝土搅拌站、预制加工厂、木工厂、钢筋车间等)、运输、机修、后勤以及生活等设施。因此,施工组织是一个系统工程,应从全局出发,局部服从全局。此外,不同的建筑施工地点,其地质、气候、环境、施工条件等也不一样,因此在组织施工时应考虑一定的灵活性。施工的系统性与灵活性的结合是组织工程施工的特点,施工的组织者应充分运用“系统工程”的思想与方法,正确地处理施工中的各种矛盾。

4. 必须重视建筑施工的各项辅助工作

在工程施工中,除直接建造建筑产品的生产活动(如砌墙、浇筑混凝土等)以外,在施工工地上尚有许多辅助工作,如建材、物资的供应和运输;成品、半成品制作;施工机械设备的供应和维修;施工用水、电、气的供应和铺设管网;仓库管理;临时办公及生活福利设施的修建等。这些辅助工作是工程施工的保证,必须妥善安排。

在工程施工前要先确定好施工部署,选择好正确的施工方法和施工机械,编制好合理的施工进度计划,确定并配备好各种劳动力、施工机械,计算出各种资源、设备、成品、半成品的需要量并确定其来源,计算出现场所需要的仓库、预制场、附属加工企业、办公和生活等临时用房的面积并合理布置它们的位置,确定并设计现场运输路线、管线等,做好一切开工前的准备工作。

必须指出,施工组织设计文件并非一成不变,在贯彻执行过程中,当某些施工条件或自然条件发生了变化,以及产生意外情况时,必须结合实际情况及时地加以补充、修改和调整。这种调整和补充是在最初的施工组织设计的基础上进行的,因此,必须重视最初施工组织设计文件的编制工作。

三、工程项目施工组织与施工组织设计

工程项目施工组织的目的是最有效、经济合理、有节奏、文明、安全地组织工程项目的施工,并正确贯彻国家建设方针政策和技术经济政策。从建设工程项目全局出发,从技术和经济的统一性出发,力求达到在技术上是先进的,在经济上是合理的,并以最少的消耗取得最大的成果,从而保质、保量、迅速、安全地实现工程项目。

施工组织设计是在工程项目施工前必须完成并经审核批准的文件,是包括施工准备工作在内的,对工程项目施工全过程的控制性、指导性、实施性文件。在工程建设的各个不同阶段,要提出相应的施工组织设计文件。如在初步设计阶段,对整个建设项目或民用建筑群编制施工组织总设计,目的是对整个项目的施工进行通盘考虑、全面规划,用以控制全场性的施工准备和有计划地运用施工力量,开展施工活动。其作用是确定拟建项目的总施工期限、施工顺序、主要施工方法、各种临时设施的需要量及现场总的布置方案等,并提出各种技

术物资资源的需要量,为施工准备创造条件。在施工图设计阶段,对单位工程编制单位工程施工组织设计,它是用以直接指导单位工程或单项工程施工的文件,具体安排人力、物力和建筑安装工作,它是施工单位编制作业计划和制定季(月)度施工计划的重要依据。对某些特别重要的和复杂的,或者缺乏施工经验的分部工程(如复杂的基础工程、特大构件吊装工程、大型土石方工程等),还应为该分部工程编制专门的、更为详尽的施工作业设计。

施工组织总设计是对整个建设项目的通盘规划,是带有全局性的技术经济文件。因此,应首先考虑和制订施工组织总设计,作为整个建设项目施工的全局性指导文件。在总的指导文件规划下,再深入研究各个单位工程,对其中的主要建筑物分别编制单位工程的施工组织设计。就单位工程而言,对其中技术极复杂或结构特别重要的分部工程,还需要根据实际情况编制若干分部工程的施工作业设计。

本书以施工组织总设计及单位工程施工组织设计为主,既介绍施工组织设计的理论,又结合工程实际来进行分析。其主要内容包括:编制各阶段施工组织设计的原则和要求;施工准备工作及原始资料的调查;编制工程计划中应用流水理论和网络计划技术及其优化;施工图设计阶段中单位工程施工组织设计及初步设计(或扩大初步设计)阶段中全工地性的施工组织总设计;建筑工地运输、仓库、供水、供能、临时设施等业务组织;工业与民用建筑群体及单位工程施工组织设计示例;施工组织设计的贯彻与调整。

组织工程项目施工、进行施工准备及编制施工组织设计,必然要涉及到建筑企业的经营管理问题,并对建筑施工方案进行技术经济效果评价,以选择最优的施工方案。此外还要在全面了解各种建筑施工技术方案的条件下,结合实际,对所提出的施工方案进行比较。对施工方案进行技术经济效果比较是编制施工组织设计的重要组成部分。

要组织好一项工程的施工,施工管理人员和基层领导,必须注意了解各种建筑材料、施工机械与设备的特性,懂得房屋及构筑物的受力特点、构造和结构,能准确无误地看懂施工图纸,并掌握各种施工方法。这样才能做好施工管理工作,才能选择最有效、最经济的方法来组织施工。

建筑施工组织设计文件的编制工作,可广泛运用数学方法、网络技术和计算技术等定量方法,借助现代化的计算手段——电子计算机来处理,将长年累月积累的各种技术经济资料进行归纳、分析、总结,并对工程进度、工期、施工方法等进行技术经济方案比较,选择最优方案,作为同类建筑物施工组织的依据。

各施工企业应根据自身的条件和拥有的资料、数据,研制专用的“施工组织设计”软件,以简化编制施工组织设计工作。将施工组织设计与施工图预算、施工预算、签发任务单、成本控制、财务核算、工程决算等连成一个工程项目的软件包,就能实现施工组织设计和施工组织管理的现代化。

施工组织设计的定型化、标准化是本学科研究的另一新课题。在收集各种类型建筑工程施工的技术经济数据的基础上,总结施工经验,归纳出最优的施工方案,供编制各类建筑工程的标准施工组织设计参考。编制标准施工组织设计可以节省分别编制各工程项目施工组织设计的时间,并能提高施工组织设计的质量。

第一章 建筑施工组织设计概论

第一节 基本建设程序与施工组织设计

基本建设是固定资产的建设,其内容包括:建筑和安装工程;设备购置;与基建项目有关的勘察设计、征地、科研等。

基本建设必须按一定的程序进行。基本建设程序就是拟建建设项目在整个建设过程中各项工作必须遵循的先后顺序。基本建设的程序如下:

1. 根据国民经济的长远规划,或建设项目的初步规划,在对拟建的建设项目进行“可行性研究”的基础上,提出建设项目的计划任务书。

2. 根据计划任务书编制建设项目的设计文件。该设计文件有以下两种形式:

(1)三阶段设计——特大、特复杂的建设项目采用三阶段设计,即初步设计、技术设计及施工图设计三个阶段。

(2)两阶段设计——一般的大中型项目,采用两阶段设计,即初步设计和施工图设计两个阶段。

对于某些很小的、简单的建设项目,可将两阶段设计中的初步设计与施工图设计合并,一次出施工图,也就是一阶段设计。

初步设计的任务是确定该建设项目技术上的可行性和经济上的合理性,对设计的项目作出基本的技术决策。初步设计的主要内容有:设计的指导思想,建设规模,产品方案,生产工艺,总图布置,设备选型,主要建筑物、构筑物及生活区规划的初步设计图,公用辅助设施,“三废”治理和综合利用,主要设备清单和材料需用量,占地和征地面积,劳动定员,建设工期,总概算书及主要技术经济指标。

特别要指出的是初步设计阶段还包括相应的施工组织设计,即称为“施工组织总设计”,这将在本书第五章中详细论述。

技术设计只是在三阶段设计中才有,它是根据已批准的初步设计来编制的。在技术设计中,能进一步解决初步设计中确定的工艺、土建、结构等方面的主要技术问题,并提出修正总概算书。

施工图设计是根据初步设计或技术设计文件,进行力学分析、结构计算后绘制工程施工图。它包括建筑工程平面图、立面图、剖面图、结构布置图、建筑构造与结构详图、水电及设备安装施工图、建筑总平面图、施工图预算、设备与材料明细表等。施工图设计应贯彻初步设计和技术设计的各项重大决策。施工图是工程施工的依据,亦是投资拨款和工程结算的依据。

在施工图设计阶段所编制的施工组织设计称为“单位工程施工组织设计”,将在本书第

四章中详述。

3. 编制年度计划,根据审查批准的上述设计文件,该项目可以报请列入年度计划。只有列入年度计划的工程项目,其投资、设备、材料、工程进度等才有保证。

4. 施工准备、组织施工直至工程项目竣工验收。对于大中型工程,特别是大型和技术复杂的工程,在组织施工时,根据单位工程施工组织设计,基层施工部门还要编制施工作业设计(或称施工设计),就是对工程中某些特殊的分部工程,作更详细的施工设计,例如大型设备基础施工、滑模施工、大跨度网架或屋架的安装、大面积土方工程等等。这是将施工组织设计进一步作更深入的实施性作业设计。在国外建筑公司的施工准备科,就专门进行这种类似我国施工设计的工作。建筑公司积累有各种类型的施工设计图集及经济分析资料,从中加以优选,经复印或加以修改后即成为拟建工程的施工设计,故设计效率较高。这些资料必须靠长期积累,这样对施工方案的优选和作技术经济比较更为有效。

由此可见,施工组织设计是基本建设程序中必要的文件,必须遵照执行。我国在第一个五年计划的建设中就作出了“没有施工组织设计,工程不得开工”的严格规定,这个规定一直沿用至今,并一致公认是十分必要的。

第二节 施工准备工作

建设项目施工前的准备工作是保证工程施工与安装顺利进行的重要环节,它直接影响工程建设的速度、质量、生产效率以及经济效益。因此,必须予以重视。

施工准备工作是为各个施工环节在事前创造必须的施工条件,这些条件是根据细致的科学分析和多年积累的施工经验确定的。制定施工准备工作计划要有一定的预见性,以利于排除一切在施工中可能出现的问题。

施工准备工作不是一次性的,而是分阶段进行的。开工前的准备工作比较集中并很重要,随着工程的进展,各个施工阶段、各分部分项工程及各工种施工之前,也都有相应的准备工作。准备工作贯穿在整个工程建设的全过程,每个阶段都有不同的内容和要求,对各阶段的施工准备工作应指定专人负责和逐项检查。

在施工组织设计文件中,必须列入施工准备工作占用的时间,对大型或技术复杂的工程项目,要专门编制施工准备工作的进度计划。

一、技术准备工作

工程施工前,在技术上需要准备的工作有下列主要内容:

(一)熟悉和审查施工图及有关设计文件

施工人员阅读施工图纸决不能只是“大致”了解,而应对图上每一个细节都彻底了解设计意图,否则必然导致施工的失误。

施工人员参加图纸会审有两个目的:一是了解设计意图并向设计人员质疑,询问图纸中不清楚的部分,直到彻底弄懂为止。二是对图纸中的差错及不合理的部分或不符合国家制定的建设方针、政策的部分,本着对工程负责的态度予以指出,并提出修改意见供设计人员参考。

施工图中的建筑图、结构图、水暖电管线及设备安装图等,有时由于设计时配合不好或

会审不严而存在矛盾。此外,在同一套图的先后图纸中也可能存在图形、尺寸、说明等方面的矛盾。遇到上述情况,必须提请设计人员作书面更正或补充,施工人员决不能“想当然”或自作主张擅自更改。

(二)掌握地形、地质、水文等资料

施工前编制施工组织设计的人员,要到现场实地调查地貌、地质、水文、气象等资料,还要对建设地区的社会、经济、生活等进行调查和分析研究。

编制人员要掌握施工现场的第一手资料,并在施工组织设计文件中反映和妥善处理与实际结合的问题。

(三)编制施工组织设计

施工组织设计本身就是施工准备工作的主要文件,所有施工准备的主要工作,均集中反映在施工组织设计之中。欧美一些国家把我国施工组织设计的内容称为施工准备工作文件,例如德国的施工准备工作文件有三个特点:一是密切结合实际;二是有权威性,在工程备料、配备设备及实施的施工方法中,务必遵照执行经审批的施工准备工作文件;三是编入施工准备工作文件中的施工方案、设备选用等,均需进行技术经济分析,从中选择最优方案。

我国的建筑企业也十分重视施工组织设计,有些建筑企业严格规定,没有施工组织设计,工程不得开工。

关于施工组织设计的内容,将在以后的各章中分别详述。

(四)编制施工预算

在施工图预算的基础上,结合施工企业的实际施工定额和积累的技术数据资料编制施工预算,作为本施工企业(或基层工程队)对该建设项目内部经济核算的依据。施工预算主要是用来控制工料消耗和施工中的成本支出。根据施工预算的分部分项工程量及定额工料用量,在施工中对施工班组签发施工任务单,实行限额领料及班组核算。

当前多数建筑企业还没有建立和积累本企业的施工定额,绝大多数的施工预算都是应用地区施工定额编制的。编制施工预算要结合拟采用的施工方法、技术措施和节约措施进行。在施工过程中要按施工预算严格控制各项指标,以促进降低工程成本和提高施工管理水平。

施工预算是建筑企业内部管理与经济核算的文件。如果应用电子计算机编制预算,根据施工图纸将工程量一次输入,然后应用预算定额(或单位估价表)、地区施工定额及本企业的施工定额这三种数据库文件,即可输出三种不同的预算,即施工图预算,施工预算及本企业实际的工料、成本分析。根据这些预算文件再在施工过程中进行严格控制,实行限额领料、限额用工和成本控制,必然会降低工程造价、提高企业效益。因此,编制施工预算是施工准备中的重要工作。

二、施工现场准备工作

在工程开工前,为了给施工创造条件,必须做好以下准备工作:

(一)做好“三通一平”

“三通一平”是指在建设工程用地的范围内修通道路,接通水源,接通电源及平整场地。对于一个建设项目,尤其是大中型建设项目,“三通一平”的工程量较大,为了尽早开工,在不影响施工的情况下,“三通一平”工作可以分段分批完成,不必强调非全部完成后才能开工。

另一方面也要防止借故拖延“三通一平”，给工程施工造成困难，应根据实际情况和条件，妥善安排。

修筑临时道路可结合永久性道路提前修筑。此外，还要考虑场外的运输道路和桥涵的修筑或加固。必要时还要考虑设置转运站等中转仓库。

要重视施工场地的排水问题，特别要注意安排好雨季、暴雨时的排洪措施，在雨季到来之前修好排洪沟、泄水洞、挡土墙等工程。也可考虑在雨季到来之前事先运入材料，如果利用水路运输，在航道封冻之前应将材料基本运到。

施工用电要考虑到最大负荷的容量，如果供电系统不能供给时，还要考虑自行发电或其它措施。

另外还要考虑建筑垃圾、弃土的清除，载重运输汽车开往城市工地的通道，避免施工排水堵塞城市下水道的措施，以及估计到打桩对邻近建筑物将产生的不良影响等。

(二) 建造好施工用的临时设施

施工用临时设施有临时仓库、车库、办公室、宿舍、休息室、食堂、施工附属设施(各种加工厂、搅拌站等)，应本着节约原则，合理计算需要的数量，在工程开工前建造好。

(三) 工程定位

施工人员在开工前要先确定建筑物在场地上的位置。确定位置的方法是根据建筑物的坐标值或根据它与原有建筑物、道路或征地红线坐标点相应距离尺寸来测设并进行复核。建筑物、管道及地平的标高根据竖向设计来确定，在工地上要设置平面控制点及高程控制点。

三、物资与施工机械方面的准备工作

施工管理人员需尽早计算出各阶段对材料、施工机械、设备、工具等的需用量，并说明供应单位、交货地点、运输方法等，特别是对预制构件，必须尽早从施工图中摘录出构件的规格、质量、品种和数量，制表造册，向预制加工厂订货并确定分批交货清单和交货地点。对大型施工机械、辅助机械及设备要精确计算工作日并确定进场时间，做到进场后立即使用，用毕立即退场，提高机械利用率，节省机械台班费及停留费。

物资准备的具体内容有：①对主要材料尽早申报数量、规格。落实地方材料来源，办理订购手续，对特殊材料需确定货源或安排试制。②提出各种资源分期分批进入现场的数量、运输方法和运输工具，确定交货地点、交货方式(例如水泥是袋装还是散装)、卸车设备，各种劳力和所需费用均需说明。③订购生产用的工业设备时，要注意交货时间与土建进度密切配合，因为某些庞大设备的安装往往要与土建施工穿插进行，如果土建全部完成或封顶后，安装会有困难，故各种设备的交货时间要与安装时间密切结合，它将直接影响建设工期。④尽早提出预埋铁件、钢筋混凝土预制构件及钢结构的数量和规格。对某些特殊的或新型的构件需要进行研究和试制。⑤安排进场材料、构件及设备等的堆放地点，严格验收、检查、核对其数量和规格。⑥施工机械、设备的安装及调试。

四、准备施工队伍

根据工程项目，核算各工种的劳动量，配备劳动力，组织施工队伍，确定项目负责人。对特殊的工种需组织调配或培训，对职工进行工程计划、技术和安全交底。

施工准备工作是根据施工条件、工程规模、技术复杂程度来制订的。对一般的单项工程

需具备以下准备工作方能开工。

1. 工程项目已纳入年度计划并已取得开工许可证。
2. 施工图经过会审,并对存在的问题已作修正,所编制的施工组织设计已批准,施工预算已编妥。
3. “三通一平”已能满足工程开工的要求,材料、成品、半成品、设备能保证连续施工的需要。
4. 开工后立即需要使用的施工机械、设备已进场并能保证正常运转。工地上的临时设施已基本满足施工与生活的需要。
5. 已配备好施工队伍,并经过必要的技术安全教育,工地的消防与施工安全设施具备。

第三节 施工组织设计概念

一、施工组织设计的任务与作用

总体的施工组织设计是实施建设项目的总的战略部署,如同作战的总体规划,对项目的建设起控制作用。单体的施工组织设计,也就是某一个具体的建筑物的施工组织设计,是单个工程项目施工的战术安排,对工程的施工起指导作用。以上两者总称为建设项目的施工组织设计。

施工组织设计是长期工程建设实践的总结,是组织建筑工程施工的客观规律,必须遵照执行,否则必然导致损失,如产生拖延工期、质量不符要求、停工待料、施工现场混乱、材料物资浪费等现象,甚至出现安全事故。

我们做任何一件工作都要有一个打算或设想。譬如考虑需要哪些耗用?怎样来完成?需用何种工具?要求何时完成?如何才能完成得更好、更节省?这些问题均需科学地、有条理地加以安排,才能获得好的效果。要完成一个建设项目更是如此,需要安排好劳动力、材料、设备、资金及施工方法这五个主要的施工因素。在特定条件的建筑工地上和规定工期的时间内,如何用最少的消耗,取得最大的效益,也就是使工程质量高、功能好、工期短、造价低并且是安全、文明施工,这就需要很好总结以往的施工经验,采用先进的、科学的施工方法与组织手段,合理地安排劳力和施工机械。通过吸收各方面的意见,精密规划、设计、计算,进行分析研究,最后得出的一个书面文件,就是建设项目的施工组织设计。由此可见,施工组织设计的任务就是根据建设工程的要求、工程实际施工条件和现有资源量的情况,拟定出最优的施工方案,在技术和组织上作好全面而合理的安排,以保证建设项目优质、高产、经济和安全。

由于建设项目的类型各异,建造的地点与施工条件不同,工期的要求亦不一样,因此施工方案、进度计划、施工现场布置、各种施工业务组织也不相同。施工组织设计就是在这些不同因素的特定条件下,拟定若干个施工方案,然后进行技术经济比较,从中选择出最优方案,包括选用施工方法与施工机械最优、施工进度与成本最优、劳动力和资源组织最优、全工地性业务组织最优以及施工平面布置最优等等。只有遵照我国的基建方针政策,并从实际条件出发,才能编制出切合实际的施工组织设计。

一个编制得好的施工组织设计,并在工程施工中切实贯彻,就能协调好各方面的关系,统筹安排各个施工环节,使复杂的施工过程有条理地按科学程序进行,也就必然能使建设项

目取得各种好指标。由此可见建设项目的施工组织设计编制得成功与否,直接影响基本建设投资的效益,它对我国国民经济建设有深远的意义。

二、施工组织设计的种类

根据基本建设各个不同阶段建设工程的规模、工程特点以及工程的技术复杂程度等因素,可相应地编制不同深度与各种类型的施工组织设计。因此,施工组织设计是一个总名称,一般可分为施工组织总设计、单位工程施工组织设计和分部工程施工作业设计三类。

当建设工程是一个建筑群,譬如一个工厂,其中包括若干个车间、构筑物及全厂区各种公用设施等,又如建设一个住宅小区,其中包括许多幢住宅小楼、商店、幼托等用房,这种情况就需在初步设计阶段编制施工组织总设计。

当建设项目只有一个单位工程时,只需在施工图设计阶段和工程施工前编制单位工程施工组织设计。同样,在一个建筑群体内的每一个单位工程,在施工图设计阶段和工程施工前也要编制单位工程施工组织设计。

规模较大或结构复杂的单位工程,在工程施工阶段对其中某些分部工程,如大型设备基础、大跨度的屋盖吊装、有特殊要求的工种工程或大型土方工程等,在以上分部工程施工前,应根据单位工程施工组织设计来编制施工作业设计。

施工组织设计的分类见图 1-1 所示。

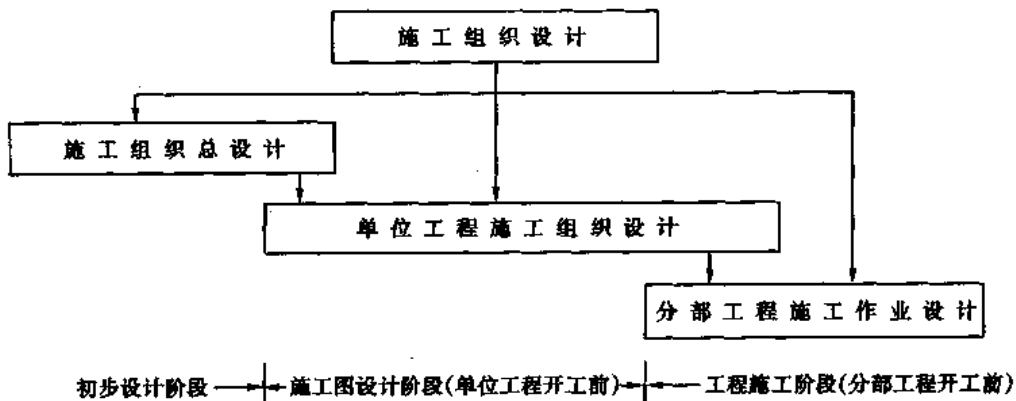


图 1-1 施工组织设计分类图

从图 1-1 可见,单位工程施工组织设计有的是属于施工组织总设计的继续,在施工组织总设计中取其中某一个单位工程在施工图设计阶段作为工程施工前的必要文件,同时也可以是一个单独的单位工程在施工图阶段的文件。

分部工程施工作业设计亦同样,既有单位工程施工组织设计中某项分部工程更深、更细的施工设计,又有单独一个分部工程(例如某构筑物或大型土方工程等)的施工设计。

(一)施工组织总设计

施工组织总设计的对象必然是一个建筑群体,它是初步设计阶段的文件之一。对一个大型工业企业或一个居住建筑群而言,其施工组织总设计是对整个建设工程起战略性、控制性作用的文件。施工组织总设计既然作为基建初步设计阶段的文件,以往有的是由设计院来编制,尤其是大的工业建筑设计院,设有施工组织设计室专门负责此项工作。由于设

设计院不直接承建施工,由设计院编制的施工组织总设计,在施工方案、进度计划、施工业务设施等方面,往往与实际情况结合不够密切,因此,从60年代起,对大型工业建筑或大型居住建筑群的建设,一般是成立工程指挥部,领导施工组织总设计的编制工作。当前对新建的大型工业企业的建设,有以下三种情况:一种是成立工程项目管理机构,在工程项目经理领导下,对整个工程的规划、可行性研究、设计、施工、验收、试运转、交工等负全面责任,并由这个机构来组织编制施工组织总设计;另一种是由工程总承包单位(或称总包)会同并组织建设单位、设计单位及工程分包单位共同编制,由总包单位负责;第三种是当总包单位并非是一个建筑总公司,没有力量来编制施工组织总设计时,由建设单位委托的监理公司来编制施工组织总设计。

(二)单位工程施工组织设计

单位工程施工组织设计是工程施工前准备工作中的重要工作,也是施工图设计阶段的文件之一,由工程承包单位根据施工图及实际施工条件负责编制。当该单位工程是属于施工组织总设计中的一个项目时,则在编制该单位工程的施工组织设计中,还应考虑施工组织总设计中对该单位工程的约束条件,如工期、施工平面布置、运输、水电网等。

(三)分部工程施工作业设计

这是对单位工程施工组织设计中的某项分部工程更深入细致的施工设计,只有在技术复杂的工程或大型建设工程中才需编制。例如某钢筋混凝土框架的滑模施工,不可能在单位工程施工组织设计中将有关详细要求都包括进去,而必须在单项滑模施工作业设计中详述滑模的各种构造和设备图、施工工艺、操作方法与规则、垂直运输方法、施工进度、保证质量的措施及安全措施等。

同样,分部工程的施工作业设计是根据单位工程施工组织设计中对该分部工程的约束条件,并考虑其前后相邻分部工程对该分部工程的要求,尽可能为其后的工程创造条件。

分部工程施工作业设计,往往是针对某项工程中的主体分部工程而言。如大型体育馆施工中的网架拼装和整体吊装分部工程,又如工业厂房中某些复杂的设备基础等的施工,都需要编制分部工程施工作业设计。而对一般性建筑的分部工程不必专门编制作业设计,只需包括在单位工程施工组织设计中即可。尤其是对常规的施工方法,施工单位已十分熟悉的,只需加以说明即可。总之,一切从实际需要和效果出发。施工组织设计的深度与广度应随不同施工项目的不同要求而异。

三、施工组织设计的内容

各种类型施工组织设计的内容是根据建设工程的范围、施工条件及工程特点和要求来确定的,这是指施工组织设计的深度与广度而言,但无论是何种类型的施工组织设计,都应该具备以下的基本内容:

(一)建设项目的工程概况和施工条件

每一个施工组织设计的第一部分要将本建设项目的工程情况作简要说明,有如下内容:
工程简况:结构型式,建筑总面积,概(预)算价格,占地面积,地质概况等。

施工条件:建设地点,建设总工期,分期分批交工计划,承包方式,建设单位的要求,承建单位的现有条件,主要建筑材料供应情况,运输条件及工程开工尚需解决的主要问题。

对上述情况要进行必要的分析,并考虑如何在本施工组织设计中作相应的处理。

(二) 施工部署及施工方案

施工部署是施工组织总设计中对整个建设项目全局性的战略意图;施工方案是单位工程或分部工程中某项施工方法的分析,例如某现浇钢筋混凝土框架的施工,可以列举若干种施工方案,对这些施工方案耗用的劳动力、材料、机械、费用以及工期等在合理组织的条件下,进行技术经济分析,从中选择最优方案。

(三) 施工进度计划

应用流水作业或网络计划技术,根据实际条件,合理安排工程的施工进度计划,使其达到工期、资源、成本等优选。根据施工进度及建设项目的工程量,可提出劳动力、材料、机械设备、构件等的供应计划。

(四) 施工总平面图

在施工现场合理布置仓库、施工机械、运输道路、临时建筑、临时水电管网、围墙、门卫等,并要考虑消防安全设施。最后设计出全工地性的施工总平面图或单位工程、分部工程的施工总平面布置图。

(五) 保证工程质量和安全的技术措施

这是施工组织设计所必须考虑的内容,结合本工程的具体情况拟订出保证工程质量的技术措施和安全施工的安全措施。

(六) 施工组织设计的主要技术经济指标

这是衡量施工组织设计编制水平的一个标准,它包括劳动力均衡性指标、工期指标、劳动生产率、机械化程度、机械利用率、降低成本等指标。

第四节 施工原始资料的调查研究

建设工程施工原始资料的调查研究是编制施工组织设计的基础,原始资料的差错,将会导致施工组织设计错误的判断,而给工程建设带来损失,必须引起重视。

根据工程施工需要,先拟订施工原始资料调查研究提纲。对编制施工组织总设计需要的原始资料,在收集时尤需注意要广泛和全面。建设单位及勘测设计单位着重提供有关规划、可行性研究及工程设计的依据,然后向有关部门收集关于气象、运输、劳动力来源、材料供应、水电供应及当地的政治、经济、生活资料等等。

将调查收集到的资料整理、归纳后,进行分析研究,对其中特别重要的资料,必须复查其数据的真实性和可靠性。

现将施工需调查的原始资料内容详述如下。

一、建设地区的地形和地质

(一) 调查目的

调查地形与地质是为了拆迁和清理施工现场、估算平整场地的土方量、合理布置施工总平面图以及拟定地基处理方案与基础施工方法等。

(二) 调查内容

1. 本工程所在位置及建设区域的地形图(比例为 1:2000~1:1000,并绘有等高线),建设地区最近的水准点及建设工程控制基线。

2. 地质勘探资料:各层土质的剖面图;流沙层;地基土质强度的力学指标;土质的塑性指数及孔隙比;最大冻结深度;地下古墓、溶洞及其它构筑物等。

二、建设地区的气象与地震

(一)调查目的

了解气象资料是为了考虑冬季、雨季施工方法;工地排水、防洪、防雷的措施;工地临时设施的布置;高空作业及吊装的措施等。了解地震资料是为了对地基及结构工程按不同震级的规程施工。

(二)调查内容

1. 气温:年平均气温,最高、最低气温及其持续时间。
2. 雨量:雨季持续时间,全年降水量及最大的日降水量,全年雷暴日数。
3. 风力:建设地区的风玫瑰图,全年强风(大于8级)的天数及时间。
4. 地震:建设地区的地震基本烈度。

三、建设地区的水文及水运

(一)调查目的

了解水文资料是为了考虑基础施工及降低地下水位的合理方案以及选择工地临时用水的水源。了解水运情况是为了考虑航道封冻及枯水期间的材料贮备量以及拟定水工构筑物的施工方案。

(二)调查内容

1. 地下水:工程所在位置地下水在各时期的最高、最低水位,地下水的流向、流速及流量,地下水的水质。
2. 河流:建设工地附近河流、湖泊的距离与水质,航道的深度,码头的位置,水位与流量,洪水与枯水的水位及时间、水质等。

四、建设地区的资源及交通运输等情况

(一)调查目的

为了合理选择建筑材料及构件等物资的供应和加工地点,贯彻就地取材的原则,尽量节省运输费用,根据选定的地点拟定工地场外运输方案。还要落实工程施工所需劳动力的来源,水源、电源和其它能源的供应,以及可供临时借用的房屋的数量和文化、生活设施。

(二)调查内容

1. 建设地区邻近的建筑材料及资源情况:国家统配建筑材料的供应和发货地点、运输方式及运输费用;地方材料的产地、质量、单价、运输方式、运输距离及运输费用等。
2. 建设地区邻近的建筑生产企业状况:如钢筋混凝土预制构件厂、混凝土搅拌厂、钢结构加工厂、木材加工厂、采石厂等建筑生产附属企业的年产量、产品规格、产品质量、生产能力、生产方式、产品价格、到工地的距离、运输方式、运输费用以及供应本工程的可能性和数量。
3. 建设地区邻近的铁路、公路、航运情况:如铁路、公路、河流的位置,其车站、码头离工地的距离,站场、码头的卸货与存贮能力,装卸及运输费用,开辟铁路专用线的可能性,公路

桥梁的最大载重量,当地汽车修配厂的情况及能力,航道的封冻期、洪水期及枯水期。

4. 水、电、气等的供应条件:如建筑工地由当地水厂供水的可能性,当地供水的水量、水压、水质、水费、管径以及连接点的距离。又如建筑工地自选水源(从邻近江河取水或设置临时水井)的可能性,如有可能,要调查其水质、引水方式、投资费用及工期影响。要调查当地电源供工地使用的可能性、允许供电的容量、电压、供电是否正常、每月停电次数、电费、接点的距离等,如需自行发电,要了解发电设备、燃料、投资费用及可能性。另外还要调查工地邻近供应蒸汽的可能性、允许供蒸汽的数量、供气管径、蒸汽的价格、供气的正常性以及接点的距离,如果需要工地自行供气,要调查供气的设备、能力、燃料及投资费用等。

5. 劳动力及生活设施:了解建设地区可支援劳动力的数量、技术水平、来源、工资费用及其生活要求,如果建筑工地是在少数民族地区,还需调查当地的风俗习惯。还要了解建筑工地拆迁户的安置状况及费用,需要在工地居住的人数及户数,可供作临时施工用房的栋数、面积、结构及设备情况;建设地区的文化教育、生活、医疗、娱乐、消防治安等状况及其能支援的能力;建设地区的附近有无有害气体、污水及地方性疾病等。

五、施工单位能力调查

(一)调查目的

1. 在初步设计阶段的施工组织总设计中建设单位调查总承包单位的能力是为了掌握他们在规定工期内保质、保量地完成本建设工程的可能性和现实性,为工程招标作准备,初步选出承建本建设项目最合适的有哪些建筑企业及分包。

2. 当已经确定该项工程由既定的某建筑施工企业为总承包,由施工总承包企业主持编制的施工组织总设计中的调查目的是为了能够更好地配备投入本工程的劳动力、技术、设备能力,保证按期、保质、保量地完成任务,并且在保证安全的前提下取得好的经济效益。

3. 在施工图阶段、工程开工之前由施工单位编制的单位工程施工组织设计或施工作业设计中,调查的目的是在本工程施工中如何利用本施工单位现有力量和优势,组织工程施工,优选设备、劳动力与技术配备,以发挥最大的效用,为工程夺全优创造条件。

(二)调查内容

1. 劳动力情况

施工单位劳动力总数、工种类别及其各工种人数;可能投入本工程的劳动力;是否具备本工程所需某些特殊工种的劳动力;外部支援施工单位劳动力的可能性;完成定额的情况。

2. 技术人员情况

技术人员总数,工程师、高级工程师数量;技术人员占总职工人数的比例,技术人员中的专业类别;能否满足本工程所需要的、称职的专业技术人员需要量。

3. 施工机械与设备的装备情况

施工单位主要施工机械及设备的名称、数量、能力及新旧程度;本工程所需要的施工机械与设备是否装备齐全,能提供本工程使用的可能性;外调或外借施工机械的可能性;为本工程施工需要添购的新施工机械的数量和费用。

4. 施工经验

施工单位过去曾建设过哪些主要工程?是否有与本建设项目类似的工程?所建工程的质量如何?建设单位是否满意?存在哪些缺点?各施工单位擅长何种项目的工程建设、习

惯用何种施工方法、对先进的施工方法能否熟练掌握、有哪些科研及技术革新成果？

5. 施工单位的主要技术经济指标

施工单位的劳动生产率、年度产值、工程质量、安全情况、降低成本情况、机械化程度、机械利用率和完好率等。

第五节 组织施工的基本原则

总结建国 50 年来我国基本建设与建筑施工的丰富经验,通过正反两方面的教训,建筑业基本上掌握了建筑施工的客观规律,开始形成建筑施工组织设计的理论和方法,在此基础上,不断改革、提高和发展,提出下列组织施工时应遵循的若干基本原则。

一、保证各时期基本建设的重点,统筹安排建设项目的施工

根据各时期基本建设项目的轻重缓急和施工准备工作、施工条件落实情况来确定基建计划,以达到保证重点建设项目,而不致使资源分散和基建面过分扩大。把有限的劳力、物力、财力优先投入国家的重点项目,并使其早日建成投产,尽快发挥投资效果,不致使资金积压。漫长地拖延工期,使建设项目迟迟不能投产,这是最大的浪费。

基本建设一旦开工,就要速战速决,建成一批再建一批,同时亦要考虑到重点工程与一般工程之间的结合,主体与附属配套工程之间的配合,并注意收尾工程。要主次分明,统筹兼顾,按时交工投产或使用。

二、采用先进的施工技术、合理选择施工方案

在建筑施工中,提高劳动生产率、缩短工期、提高工程质量、降低工程成本和消耗的关键是采用先进的施工技术,合理选择施工方案以及科学的组织方法,这在编制施工组织设计中应特别重视。要注意结合实际并在现有基础及水平上提高。结合实际并非有啥用啥或沿用固有的方法,而是结合实际条件,吸收国内外先进技术。要注意收集先进施工技术的信息,进行研究、分析,经试验成功后,应用并推广,使施工工作在技术上是先进的,经济上是合理的,各项技术指标是优良的,操作是安全的,达到施工验收规范的各项要求。

施工方案选择必须进行多方案比较,比较时务必做到实事求是,而决不是在形式上论证某个既定的方案。比较的目的是优选,是在多个方案中选择最经济、最合理的方案。要一切从实际出发,以数据来定方案,数据一定要准确,结论要有力、有理。

当前的施工新技术往往涉及设计与建材等方面的因素,各方面应密切配合。必须指出,采用新技术并非目的,目的是为了获得最优指标的方案。因此,必须因地制宜地从实际出发,决不能生搬硬套。对一些目前还行之有效的传统方法,只要在参加方案竞选中获得的指标是好的,仍然是优秀方案。当然,在方案比较中也要注意并看准某项新技术的发展方向,如果某项新技术的推广由于受某种习惯影响或客观条件未成熟,使其效果不明显甚至不好,但只要最终方向是正确的,就要允许进行试点,在实践中以求改进,最终将会实现目标。例如建筑工业化、机械化和装配化施工应根据实际条件,并且要有一个实践过程。再例如商品混凝土的应用无疑是先进的技术,但需要作具体分析和研究,着重点应放在如何降低商品混凝土的制作成本上,否则始终停留在无休止的争议之中,永远不能前进。方案选择还要从

宏观经济分析,从改善建筑工人的繁重劳动、改善操作环境、缩短工期、提高使用效益和功能等方面进行综合分析,不能只局限于从本单位的利益出发。

三、合理安排施工计划

合理安排施工计划是施工组织设计文件中最重要的组成部分,工地上一切资源需求量的计算与供应、各业务组织的安排以及施工总平面图的布置等均要根据施工计划,施工计划是在优选确定的施工方案的基础上,根据具体工程的要求来安排的。

任何一个工程项目的施工计划,也就是各个分部分项工程、工种在该工程中的施工顺序,它们必须有一定的客观规律,即一系列的施工活动在工程的空间和时间上的统筹安排。有的应顺次序先后衔接,有的可搭接施工,还有的相互之间要有一定时间的技术间歇等,这些就是施工的客观规律。为了缩短工期也可组织立体交叉或平行施工。有时为了得到某些资源的均衡,可组织流水施工或人为地延长、调整某一工种的持续时间。

此外,在工程的不同部位之间也有一个先后次序的问题,如一般是先地下,后地上;先做基础,后做主体结构,再做装饰工程等。虽然这是众所周知的知识,但实际施工中由于计划不同也会出现颠倒的情况,譬如将已粉刷好的墙面凿开安装管线、将做好的道路挖开铺设管道等,导致返工浪费。

施工计划的优化是使之有节奏地均衡施工,各种资源的负荷均衡,劳动力和机械亦不致窝工并能按规定时间分段完成交工。一份好的施工计划,要能考虑施工的季节性,使之不受季节的不利影响,如土方工程尽量避开冬季、雨季,而将受气候影响较小的室内施工项目安排在冬季、雨季施工。

编制施工计划要注意应用流水作业法和网络计划技术这两种先进的方法。

施工计划如果安排得合理,可以缩短工期,提高工程质量及经济效益。

四、合理组织施工,缩短建设工期

缩短建设工期,使建设工程早日投产,可以加速资金周转,提高投资效益,这对国民经济建设项目和建设单位均有好处。但是,决不能片面地追求缩短建设工期,更不能错误地认为工期越短越好。缩短工期只有以合理组织施工和确保工程质量、提高劳动生产率为基础,并且要各个部门协作配套完成,各个环节步调一致才能有效。在当前招标承包体制下,某些建设单位为了片面追求缩短工期,不惜作出种种提前工期的奖励,施工单位为了达到建设单位的要求,千方百计缩短工期,致使有的项目虽然土建完工了,但设备配套跟不上,仍然不能投产,白白浪费了为缩短工期而发的奖金,增加了基本建设的投资。有的住宅小区提前完工后,室外管线、道路及生活配套设施跟不上,销售不出去,或住户无法入住。因此,缩短工期必须全面考虑,使之真正达到提高建设项目的效益并保证工程质量和施工安全。在施工组织设计中必须贯彻以上原则,特别是工业建设项目,相应的配套、辅助工程较多,要想开工投产,这些项目有一项不完工也不行。

综合以上所述,保质、保量、缩短工期及提高效益是合理组织施工应遵守的原则,必须全面评价,并且要具体工程具体分析,不能片面追求而忽略其它因素。

第二章 施工组织流水作业

在工程建设中,流水作业是组织施工时广泛运用的一种科学的有效方法。流水作业法能使工程连续和均衡施工,使工地的各种业务组织安排比较合理,可为文明施工创造条件,还可以降低工程成本和提高经济效益,它是施工组织设计中编制施工进度计划、劳动力调配、提高建筑施工组织与管理水平的理论基础。

第一节 流水施工的基本概念

组织工程施工一般有依次施工、平行施工和流水施工三种方式。

组织工程流水施工,首先要将房屋划分成若干分部工程,例如基础工程、砌砖工程、装饰工程等等。各分部工程又可划分成若干分项工程,如基础分部工程可分成基础挖土、混凝土垫层、钢筋混凝土基础、砌砖基础墙、回填土等五个分项。各分项工程之间,可以组织流水施工,各分部工程甚至各幢房屋之间也可组织流水施工。

除流水施工外,也可采用“依次施工”法。例如基础工程的“依次施工”法即是在完成房屋基础的全部挖土工程后才进行混凝土垫层的施工,然后再依次进行其余后续分项工程施工。其进度计划见图 2-1 所示。

序号	分项工程名称	工 作 日																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	基础挖土	■	■	■	■																
2	混凝土垫层					■	■	■	■												
3	钢筋混凝土基础									■	■	■	■								
4	砌砖基础墙													■	■	■	■				
5	回填土																			■	■

图 2-1 基础工程依次施工的进度计划

由于“依次施工”法是在一个分项工程(如基础挖土)完成之后再行另一个分项工程的施工(如垫层),各分项工程之间不能搭接进行,因此,当分项工程的施工作业面较大而各专业施工队人数又不多时,必然拉长工期。如图 2-1 中所示基础工程的依次施工需要 20 天工期。

同样一个基础工程,如果组织流水作业,工期只需 12 天,这是因为流水施工法是将工程划分成两个(或几个)施工段,某一个专业队只要完成了第一个施工段的分项工程后,后一个专业队即可进入第一施工段开始第二个分项工程,以此类推,按顺序进行施工。如图 2-2 所示。

序号	分项工程名称	工作日											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	基础挖土	—		二									
2	混凝土垫层			—		二							
3	钢筋混凝土基础					—		二					
4	砌砖基础墙							—		二			
5	回填土									—		二	

图 2-2 基础工程组织流水施工的进度计划

由于流水施工的各分项工程之间前后搭接,不仅比依次施工缩短了工期,还有以下多方面的优点:

1. 可以消除劳动力窝工或过分集中,使劳动力使用均衡。
2. 可以避免施工作业面闲置。
3. 资源的消耗均衡。
4. 可提高施工机械的利用率。

使用流水作业并不需要增加任何设备和费用,只是应用科学的方法组织施工。因此,它也是施工企业改进施工管理、提高施工效率的一种有效手段。

对多层房屋或平面复杂的工程,即各个施工段的工程量相差较大的工程如何组织流水作业,按什么原则划分施工段,如何合理安排相邻工序的搭接,流水作业时间参数如何计算等等,将在以下各节中详细阐述。

第二节 施工项目的划分

进行流水施工,首先要将某一专业工程(如土建工程、给排水工程、电气工程、暖通空调工程、设备安装工程、道路工程、绿化工程等)划分成若干个分部工程,如土建工程可划分成基础工程、现浇钢筋混凝土主体结构工程、砖石工程、楼地面工程、屋面工程、装饰工程等。然后将各分部工程再分解成若干施工过程(又称分项工程或工序),如分部工程中的现浇钢筋混凝土主体结构工程可分解成支模板、扎钢筋、浇混凝土、养护、拆模等施工过程(见图 2-3)。

在分解工程项目时要根据实际情况决定,粗细要适中。划分太粗,则所编制的流水施工进度不能起指导和控制作用;划分太细,则在组织流水作业时过于繁琐。

流水作业不仅可以在施工过程之间组织进行,也可以在各分部工程之间以及专业工程之间组织进行。每个施工过程或工序是由每一专业施工队(或混合工作队)来进行的,有一定的独立性,但前后施工过程之间又具有关联性。在流水作业中,并非所有的施工过程均纳入流水作业的项目,而是在施工时间、操作地点及空间上有依赖关系的那些施工过程,才纳入流水组织,其余的施工过程可以归并不参与流水。例如砖混建筑主体结构施工中,主要

是划分砌砖墙和安装楼板两个施工过程来组织流水作业,砌砖墙的施工过程中包括搭设脚手架。至于其它钢筋混凝土圈梁浇筑、运砖、运砂浆、立门窗框等施工过程则不必纳入流水作业,可穿插在砌砖过程中平行作业,或组织混合施工队进行施工。但是,如果是结构安装工程中采用随吊随运的方法,则构件运输也应纳入流水作业,作为一个施工过程。由此可见,流水作业中施工过程的划分是指起主导作用的施工过程的划分,并非将所有施工过程均纳入流水作业中。

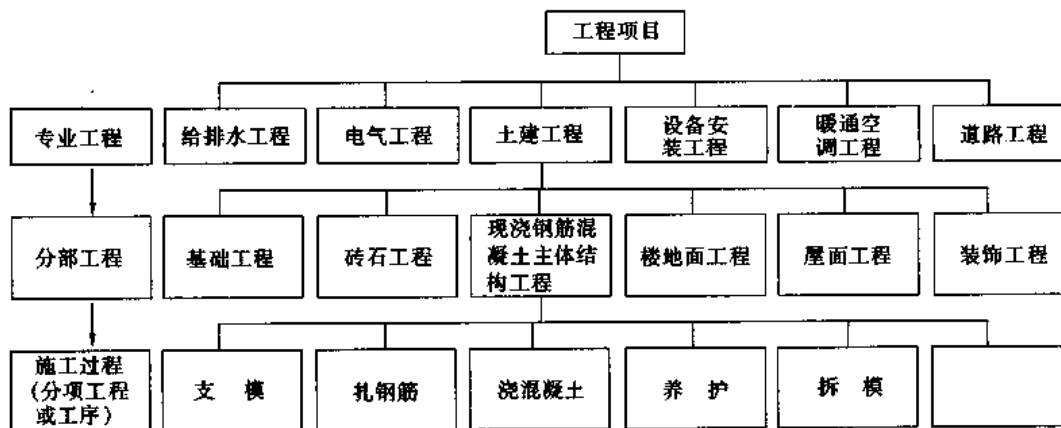


图 2-3 分解工程项目示例

第三节 流水施工的基本参数

这是组织流水作业的基本组成部分,分别说明如下:

一、施工工作面

施工工作面亦称工作前线,这是指提供工人进行操作的地点范围和工作空间。工作面的大小是表明施工对象上能安置多少工人操作或布置施工机械、设备的面积。工作面根据各施工过程的性质、施工方法和使用的工具、设备,按不同单位计算。例如人工开挖基槽土方工作面是按基槽长度计量,砌砖墙是按墙的长度计量,浇筑钢筋混凝土楼盖是按楼板的面积计量。

在流水施工中,有的施工过程在施工一开始,就在整个操作面上形成了施工工作面。例如人工开挖基槽就属此类工作面。但是,也有一些工作面的形成是随着前一个施工过程的结束而形成的。例如在现浇钢筋混凝土的流水作业中,支模、扎钢筋、浇筑混凝土等都是前一个施工过程的结束,为后一个施工过程提供了工作面。在确定一个施工过程的工作面时,不仅要考虑前一施工过程可能提供的工作面的大小,还要符合安全技术、施工技术规范的规定以及有利于提高劳动生产率等因素。总之,工作面的确定是否恰当,直接影响到安置施工人员的数量、施工方法和工期。

二、施工段

组织流水施工需要将工程项目在平面上划分成若干区段,这些区段称施工段。在同一

个分部工程中,参与流水施工的施工过程一般采用相同数量的施工段,各施工段的工程量应大致相等,并尽可能将工程的变形缝作为施工段的分界。施工段不宜过多,如段数过多,每段安置的工人数量少,将会延长工期。划分施工段应与劳动组织相适应,还要考虑到合理的工作面。

在组织楼房的流水施工中,施工段的划分与参加流水施工的施工过程数有关,详情在第五节中阐述。

三、流水节拍(t_i)

流水节拍是指某一施工过程在一个施工段中进行施工作业的时间,以符号 t_i 表示。

流水节拍 t_i 的大小直接影响施工的速度及参加流水的工人数量和其它资源量,因此,流水节拍是根据工期要求或可能投入的资源数量来决定的,按下列公式计算:

$$t_i = \frac{Q_i}{P_i R_i} = \frac{W_i}{R_i} \quad (2-1)$$

式中 t_i ——第 i 施工过程的流水节拍;

Q_i ——第 i 施工过程在某施工段的工程量;

P_i ——第 i 施工过程专业施工队在单位时间内完成的产量(单位为 $\text{m}^3/\text{工日}$, $\text{m}^2/\text{工日}$, $\text{m}/\text{工日}$ 等);

R_i ——第 i 施工过程专业施工队的人数或机械台数;

W_i ——第 i 施工过程在某施工段上所需的劳动量或机械台班数, $W_i = \frac{Q_i}{P_i}$ 。

在确定流水节拍时需要核实该施工过程可能取得专业施工队劳动力的数量、施工机械的数量以及各种资源供应的数量,还要考虑施工工作面是否合理。

四、流水步距(K_i)

在组织流水施工时,相邻两工作队开始投入工作的时间间隔,称为流水步距,用符号 K_i 表示。在组织某一流水施工中,流水步距的数目取决于施工过程的数目,当施工过程数目为 M 个时,则流水步距的数目等于 $M-1$ 个。

例如,图 2-4 所示某基础工程的流水作业分为 5 个施工过程($M=5$)和 3 个施工段($N=3$)。图 2-4 中任意两个相邻的施工过程,如基础挖土与混凝土垫层,在同一个施工段的“—”中,开始施工的时间间隔为 K_1 ,即为基础挖土与混凝土垫层两个施工过程间的流水步距。

此外,图 2-4 中共 5 个施工过程($M=5$)组织流水作业,共有 $M-1=5-1=4$ 个流水步距,即图中的 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 。每个流水步距 K_i 均为 2 天。但是一般情况下 K_i 是不相同的,只有当各施工过程的流水节拍 t_i 均相同的情况下,各流水步距 K_i 才会相同。因此,确定流水步距 K_i 应遵照以下原则:

1. 应保证相邻两个施工过程之间工艺上有合理的顺序,时间上要紧密衔接。
2. 要保证各个施工过程的专业工作队连续施工。
3. 各施工过程之间要有必需的技术间隙时间,注意安全施工的要求。

序号	分项工程名称	工 作 日													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	基础挖土	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	混凝土垫层	K_1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	钢筋混凝土基础	—	K_2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	砌砖基础墙	—	—	—	K_3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	回填土	—	—	—	—	—	K_4	—	—	—	—	—	—	—	—

图 2-4 基础工程流水施工中流水步距的示例

五、流水施工中的间歇时间

在组织流水施工中,由于施工过程之间的工艺或组织上的需要,必须要留的时间间隔称间歇时间,用符号 t_g 表示。

工艺技术上的间歇是指在一个施工段的相邻两个施工过程之间必须留有的工艺时间间隔,称为工艺技术间歇时间。例如:混凝土浇筑施工过程中的养护时间、抹灰工程中的干燥停歇时间等。

组织间歇时间是由于施工组织上的需要增加的时间间隔,如对前一个施工过程的检查验收以及为后续施工过程作必要的组织准备工作等。例如:标高抄平、弹线、基坑验槽、回填土前的地下管道检查、浇筑混凝土前检查预埋件等。

无论是工艺技术间歇或组织间歇,均与所采取的技术及组织措施有关。如果采用加速混凝土凝固的措施及在第二、第三工作班中进行检验和组织准备等措施后,对上述间歇时间可作改变。

第四节 流水施工的种类

组织一个项目或某分部工程的流水施工,就是参与流水作业的各施工过程的专业队或班组,有节奏地从施工对象的各施工段,逐个有规律地连续施工。根据施工对象及各施工过程的特点,在组织工程的流水施工中按流水节拍可分成以下两类:

一、有节奏流水施工

组织流水施工的各专业队在各施工段的工作持续时间(即流水节拍 t_i)相同时,称“有节奏流水施工”。有节奏流水施工又可分为等节奏流水施工与非等节奏流水施工两种。

(一)等节奏流水施工

等节奏流水施工的特点是参与流水施工的各施工过程,在各施工段的流水节拍 t_i 均相

等,亦称全等节拍流水施工,它是流水施工中最简单、最有规律、最常见的一种形式。本章节图 2-2、图 2-4 所示的流水施工形式就是等节奏流水施工。

从图 2-4 中可以看出,由于等节奏流水中各施工过程在各施工段中的流水节拍 t_i 均相等,因此,只要两相邻施工过程之间,进入流水的时间间隔保持为一个流水节拍 t_i ,这个时间间隔 t_i 就是等节奏流水的流水步距 K_i 。即

$$K_i = t_i$$

图 2-5 为等节奏流水工期计算示意图,图中工期 T 按公式(2-2)计算:

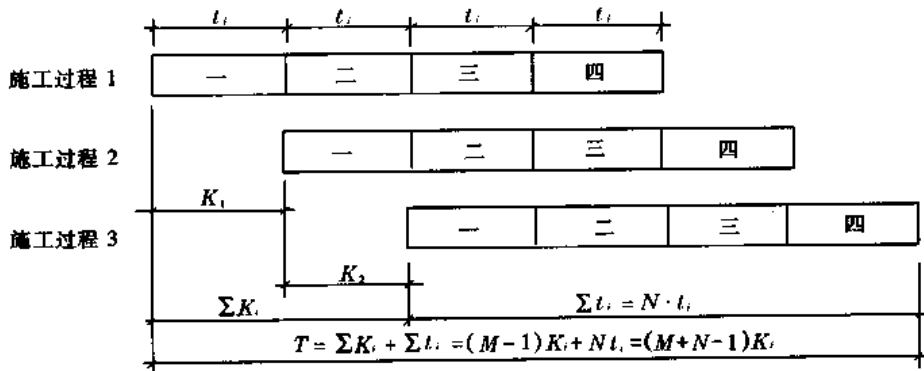


图 2-5 等节奏流水施工工期计算示意图

$$T = \sum K_i + \sum t_i \quad (2-2)$$

式中 $\sum t_i$ ——某施工过程在流水对象上各施工段工作时间的总和,称为施工过程流水持续时间的总和。

只有在等节奏流水中,各施工过程的流水持续时间 $\sum t_i$ 相同,这是因为在等节奏流水中全部施工过程的所有施工段的流水节拍 t_i 均相等的缘故。公式(2-2)中

$$\sum K_i = (M-1)K_i \quad (2-3)$$

$$\sum t_i = N \cdot t_i \quad (2-4)$$

式中 M ——参与流水作业的施工过程数(在图 2-5 中 $M=3$);

N ——流水施工对象划分的施工段数(在图 2-5 中 $N=4$)。

将公式(2-3)、(2-4)代入公式(2-2),得

$$T = (M-1)K_i + N \cdot t_i \quad (2-5)$$

由于等节奏流水中 $K_i = t_i$,代入公式(2-5),得

$$T = (M-1)K_i + N \cdot K_i = (M+N-1)K_i \quad (2-6)$$

如果在施工过程之间有技术间歇 t_g ,则等节奏流水的工期按下式计算:

$$T = (M+N-1)K_i + \sum t_g \quad (2-7)$$

见图 2-6 所示。

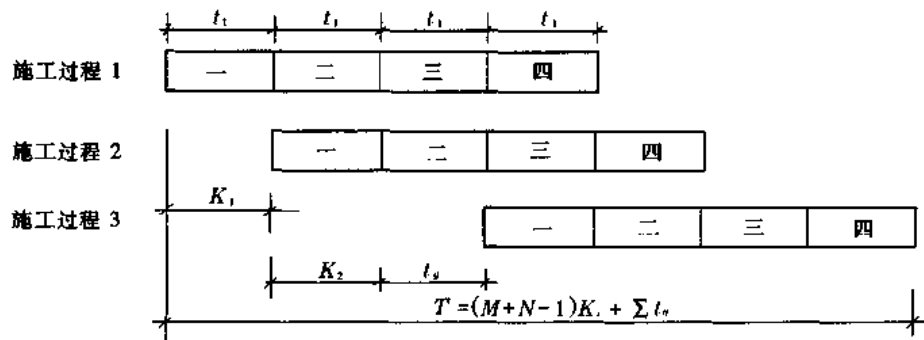


图 2-6 等节奏流水施工考虑有间歇时间的工期计算示意图

(二)非等节奏流水施工

非等节奏流水施工的特点是参加流水施工的每一施工过程自身的各施工段的流水节拍 t_i 都相等,但各施工过程之间彼此的流水节拍全部或部分不相等。见图 2-7 所示。

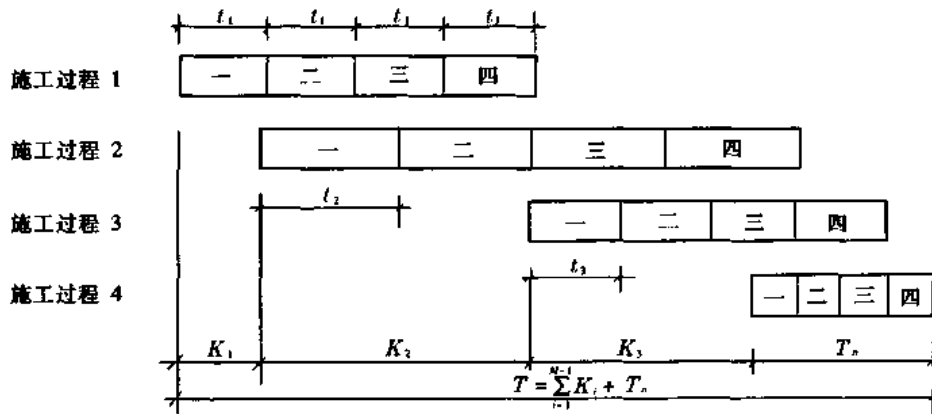


图 2-7 非等节奏流水施工的示意图

非等节奏流水施工在流水施工中经常遇到,这是由于各施工过程的难易程度及所需劳动量不同,导致各施工过程间的持续时间不同。在组织非等节奏流水时,会出现以下两种情况,分述如下:

1. 紧前施工过程的流水持续时间 t_i 小于紧后施工过程的流水持续时间 t_{i+1} 。即

$$t_i < t_{i+1}$$

当相邻两个施工过程 $t_i < t_{i+1}$ 时,说明紧前施工过程在任何一个施工段的结束时间都先于或等于紧后施工过程的开始时间。这样,就能保证施工工艺的合理性。在这种情况下,相邻两施工过程的流水步距为

$$K_i = t_i$$

虽然在同一施工段上施工过程之间在时间上有时出现衔接不甚紧密,但是在施工工艺的程序上是符合要求的。见图 2-8 所示。

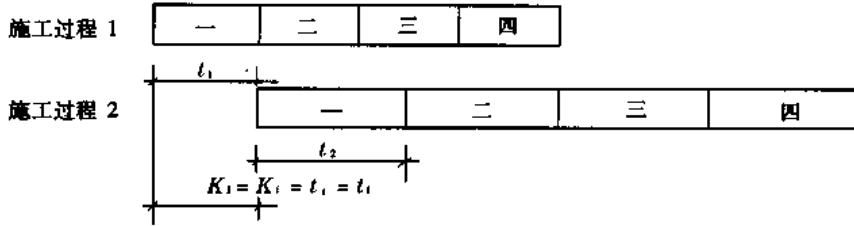


图 2-8 组织非等节奏流水施工中,当 $t_i \leq t_{i+1}$ 时的示意图 (取 $K_i = t_i$)

2. 紧前施工过程的流水持续时间 t_i 大于紧后施工过程的流水持续时间 t_{i+1} 。

由于紧前施工过程的流水持续时间 t_i 比紧后施工过程的流水持续时间 t_{i+1} 大,如果仍按 $K_i = t_i$ 安排流水,则从第二段开始会出现紧前施工过程尚未结束而后续施工过程已开始施工,这就不符合施工工艺的要求,见图 2-9 中 a 、 b 、 c 三处所示。

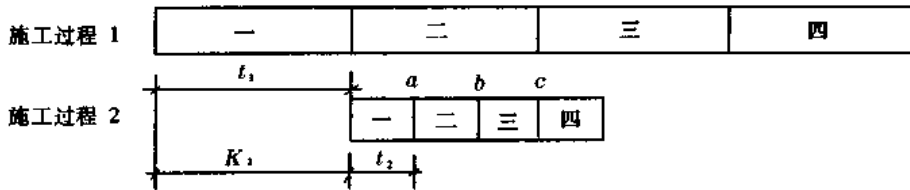


图 2-9 组织非等节奏流水施工中,当 $t_i > t_{i+1}$ 时,如果仍按 $K_i = t_i$ 安排流水,不符合施工工艺要求的示意图

如果要符合施工工艺要求,必须将后续施工过程的开始时间后移,见图 2-10 所示。

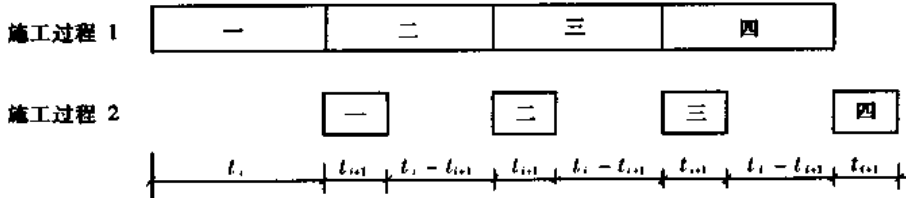


图 2-10 组织非等节奏流水施工中,当 $t_i > t_{i+1}$ 时,按 $K_i = t_i$ 安排流水,为使施工工艺符合要求,将后续施工过程的开始时间后移的示意图

这样的安排,虽符合施工工艺要求,但会使施工过程的专业队工人的工作产生间断和窝工,与流水作业的原则相违背。为了确保各施工过程的专业队连续施工并符合施工工艺要求,需计算出合理的流水步距 K_i ,见图 2-11 所示。

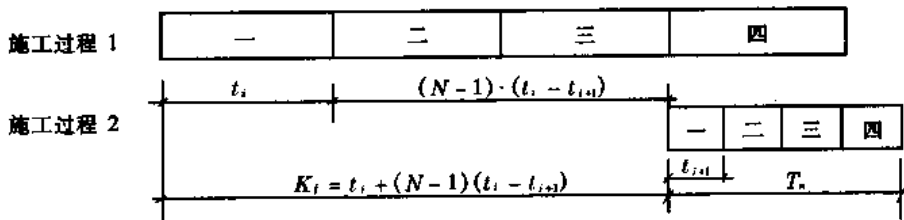


图 2-11 组织非等节奏流水施工中,正确安排方式的示意图

流水步距 K_i 按下式计算：

$$K_i = t_i + (N-1)(t_i - t_{i+1}) \quad (2-8)$$

从图 2-10 及图 2-11 可以看出,图 2-10 中施工过程的专业队工人停歇时间是 $3(t_i - t_{i+1})$,其中 3 即施工段数 $4-1$,亦即 $N-1$ 。因此,施工队的总停歇时间则是 $(N-1)(t_i - t_{i+1})$ 。再加上第一施工过程的流水节拍 t_i 即等于流水步距 K_i ,见公式(2-8)。

往往在组织某施工对象的不等节奏流水时,相邻施工过程之间的上述两种情况会前后发生,则需要分别计算出相邻施工过程的流水步距 K_i ;各流水步距 K_i 的总和 $\sum K_i$,再加上最后一个施工过程的流水持续时间的总和 T_n (见图 2-11 所示)和技术组织间歇时间 t_g 之和,即为流水作业总工期,见图 2-12,按下列公式计算：

$$T = \sum_{i=1}^{M-1} K_i + T_n + \sum t_g \quad (2-9)$$

式中 M ——参加流水施工的施工过程数；

T_n ——参加流水施工的最后一个施工过程的流水持续时间总和。

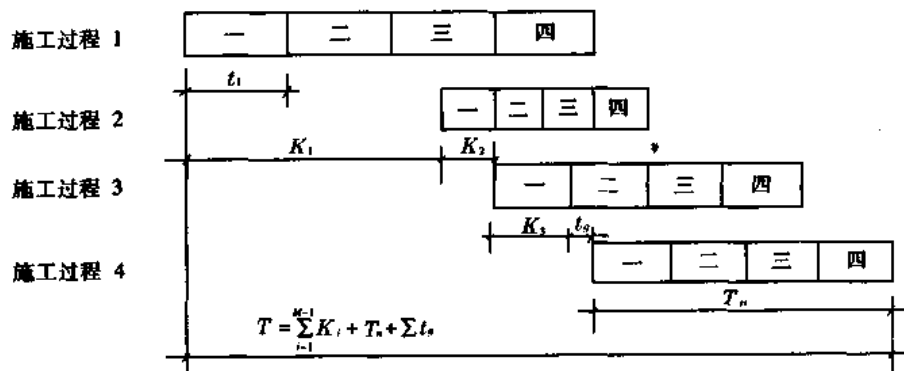


图 2-12 组织非等节奏流水施工的总工期计算简图

二、无节奏流水施工

无节奏流水施工就是组织流水施工的各个施工过程在各施工段的流水节拍均不相等。组织无节奏流水施工的基本要求仍同前一样,即保证各施工过程的工艺顺序合理和各专业工作队的工作不间断。

组织无节奏流水施工,主要是确定相邻施工过程之间的流水步距,确定的方法有多种,其中最简单的方法是:采用将相邻两施工过程每施工段持续时间(即流水节拍)累加,然后取其数列错位相减,得到差值,其中最大差值即为该相邻施工过程间的流水步距。其计算步骤是:先将两相邻施工过程分别在各施工段的流水节拍 t_i 逐项累加,得到两组横向数列,然后将后一施工过程的流水节拍 t_i 累加数列,错位对齐,并逐列上下相减,最后得到差值数(只取正值),从中取最大的正差值,即为该相邻两施工过程间的流水步距 K_i 。

举例说明如下：

例题 2-1 组织某工程的流水作业共有 4 个施工过程,施工对象划分 4 个施工段,各施工过程在各施工段的流水节拍见表 2-1 所列,试组织其流水作业和计算总工期。

表 2-1 组织无节奏流水作业,各施工过程在各施工段的流水节拍 t_i (天)

施工过程编号	施工段编号			
	第一段	第二段	第三段	第四段
施工过程 1	3	5	7	5
施工过程 2	2	4	5	3
施工过程 3	4	3	3	4
施工过程 4	4	2	3	4

解 这是一个无节奏流水作业。按上述步骤计算各施工过程之间的流水步距:

(1) 计算施工过程 1 与施工过程 2 之间的流水步距 K_1 。

施工过程 1 及施工过程 2 在各段的流水节拍 t_i 累加数见表 2-2。

表 2-2 施工过程 1、2 在各段的流水节拍 t_i 累加数

施工过程编号	各施工段流水节拍 t_i 的累加数/天			
	第一段	第二段	第三段	第四段
施工过程 1	3	8	15	20
施工过程 2	2	6	11	14

将施工过程 1 与施工过程 2 在各施工段的流水节拍累加数错位对齐,并逐列上下相减。结果见表 2-3。

表 2-3 将各施工段的流水节拍累加数错位对齐并上下相减

施工过程 1	3	8	15	20	
施工过程 2	—	2	6	11	14
累加数错位相减后的差值	3	6	9	9	—

取差值中最大值 9,即为施工过程 1 与施工过程 2 之间的流水步距,即 $K_1=9$ 。

(2) 同样可得施工过程 2 与施工过程 3 之间的流水步距, $K_2=4$; 施工过程 3 与施工过程 4 之间的流水步距, $K_3=5$ 。

根据计算所得的流水步距 K_i 可绘制流水作业的水平进度计划,见图 2-13。

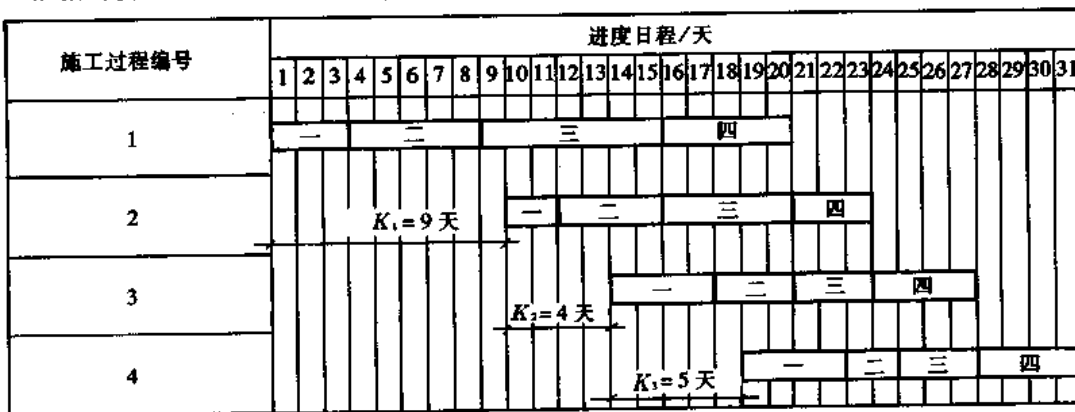


图 2-13 组织无节奏流水作业的水平进度计划示例

(3) 施工总工期 T 的计算。

组织无节奏流水施工工期 T , 同样按公式(2-9)计算:

$$T = \sum_{i=1}^{M-1} K_i + T_n + \sum t_k = (9+4+5) + (4+2+3+4) + 0 = 31 \text{ 天}$$

第五节 多层流水作业

组织有多层流水作业的主要特点是: 在同一施工段的上一层开始施工前, 该施工段的下一层, 在工艺上必须完成全部施工过程, 并考虑层间技术和组织上的间歇时间。

组织多层流水作业需考虑的问题有: 施工段数与施工过程数的关系; 在各施工过程的流水节拍不相同的情况下如何组织流水作业; 有关组织多层流水作业的实际问题。以上问题分述如下。

一、施工段数 N 与施工过程数 M 的关系

两者之间的关系有以下三种情况:

(一) 施工段数 N 小于施工过程数 M (即 $N < M$)

例如某三层楼房主体结构施工有 3 个施工过程参与流水作业 (即 $M = 3$), 该房屋每层平面上划分两个施工段 (即 $N = 2$)。各施工过程在各施工段的流水节拍 t_i 均相同, 为 2 天, 即 $t_i = 2$ 天。组织流水作业的水平进度计划见图 2-14 所示。

施工层	施工过程编号	进度日程/天									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
第一层	1	—	二								
	2		—	二							
	3			—	二						
第二层	1			A	—	二					
	2				B	—	二				
	3					C	—	二			
第三层	1						A	—	二		
	2							B	—	二	
	3								C	—	二

图 2-14 施工段数 N 小于施工过程数 M 的流水作业水平进度示例

A—第 1 施工过程的工人窝工时间区段; B—第 2 施工过程的工人窝工时间区段;
C—第 3 施工过程的工人窝工时间区段;

从图中可看出每一施工过程的专业工作队在工作 4 天后, 在每层之间都要窝工 2 天, 如图 2-14 中 A、B、C 时间区段, 但施工段没有闲置现象。显然这种情况不能保证工人在各施工段连续施工, 与流水作业的原则是相违背的。由此可见, 当组织楼层流水作业时, 施工

段数不能小于施工过程数,否则会使施工段的工人出现窝工现象。

(二)施工段数 N 大于施工过程数 M (即 $N > M$)

如果将上例的施工段改为 4 个($N=4$),施工过程数 M 仍为 3($M=3$),则流水作业的水平进度计划如图 2-15 所示。

施工层	施工过程编号	进度日程/天													
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
第一层	1	—	二	三	四										
	2		—	二	三	四									
	3			—	二	三	四	G							
第二层	1				D	—	二	三	四						
	2					E	—	二	三	四					
	3						F	—	二	三	四	G			
第三层	1								D	—	二	三	四		
	2									E	—	二	三	四	
	3										F	—	二	三	四

图 2-15 施工段数 N 大于施工过程数 M 的流水作业水平进度示例

D 、 E 、 F 、 G 为第一、二、三、四施工段闲置时间

从图中可见各施工过程的专业工作队在各施工段和各楼层中能连续流水施工。但施工段出现闲置现象,即在每层之间闲置 2 天,如图 2-15 中 D 、 E 、 F 、 G 时间区段。

(三)施工段数 N 等于施工过程数 M ($N = M$)

这是组织楼层流水作业中最理想的一种形式,当施工段数与施工过程数相等时,专业工人可连续在各段、各层中流水施工,施工段也没有闲置现象。如图 2-16 所示。

因此,组织多层建筑物流水施工时,在逐层形成工作面的条件下,每层的施工段数 N 最少应等于参与流水的施工过程数 M 。若考虑某些情况下技术与组织间歇时间(t_g)的要求,则施工段的最少数量可由下式求得:

$$N_{\min} = M + \frac{\sum t_g}{K} \quad (2-10)$$

式中 K 为流水步距; $\frac{\sum t_g}{K}$ 值如果是小数,则取大于此值的整数(如为 1.2,则取 2)。

在组织楼层的流水作业中,对施工段数的划分问题归纳如下:

1. 尽可能使各层的施工段数与参加流水作业的施工过程数相等,在这种情况下,工人不窝工,施工段亦不闲置。

施工层	施工过程编号	进度日程/天										
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
第一层	1	一	二	三								
	2		一	二	三							
	3			一	二	三						
第二层	1				一	二	三					
	2					一	二	三				
	3						一	二	三			
第三层	1							一	二	三		
	2								一	二	三	
	3									一	二	三

图 2-16 施工段数 N 等于施工过程数 M 的流水作业进度示例

2. 当施工段数大于施工过程数时,在某些施工段中会有闲置现象,闲置的时间可以用作施工中的技术、组织间歇,例如混凝土工程的养护、运输、搭脚手架、弹线等的时间。有时也可用作缓冲的后备时间,即由于某种意外的原因影响流水作业时,起调节作用。

3. 当施工段数小于施工过程数时,将会使专业工人窝工,这是流水作业所不允许的。

二、各施工过程的流水节拍不同情况下的流水施工

前面所列举的组织楼层流水施工的方式中,各施工过程的流水节拍均是相同的,如果各施工过程的专业队在各施工段的流水节拍 t_i 不相等时,应该如何组织流水施工呢?

这里讨论的条件是,各施工过程的流水节拍不同,而同一施工过程在各层的流水节拍是相同的;不同施工过程之间的流水节拍是成倍节拍,即互有一个公约数。这个公约数可以是 1,也可以是 2、3、4 等。

(一) 组织成倍节拍流水施工的方法

第一,确定流水步距 K 。流水步距应取各施工过程流水节拍 t_i 的公约数。为了缩短工期,一般取最大公约数。如果在各流水节拍值中有一个是 1 天,则流水步距 K 则为 1 天。

第二,计算各施工过程参与流水的专业队数 B_i 。各施工过程专业队的队数 B_i 根据流水节拍 t_i 与流水步距的比值来确定。计算公式如下:

$$B_i = \frac{t_i}{K} \quad (2-11)$$

第三,计算施工段数。根据流水作业的原则,施工段数 N 至少要等于施工过程数 M 。在成倍节拍流水中,由于各施工过程的流水节拍不同,流水节拍大的施工过程需要增加专业工作队。因此,最少施工段数要根据参加流水的专业工作队数来定。其算式如下:

$$N_{\min} = \sum_{i=1}^M B_i + \frac{\sum t_R}{K} \quad (2-12)$$

根据上述三个步骤计算出流水步距 K 、专业队的队数 B_i 以及最少施工段数 N_{\min} 后,即可组织流水施工,绘制流水作业水平进度计划。下面通过示例作进一步说明。

(二) 楼层施工中组织成倍节拍流水的示例

例题 2-2 组织某二层楼现浇钢筋混凝土框架施工的流水作业。各施工过程的流水节拍为:

安装模板 $t_1=4$ 天; 绑扎钢筋 $t_2=2$ 天;
 浇筑混凝土 $t_3=2$ 天; 养护 $t_4=2$ 天(养护属技术间歇)。

解

(1) 计算流水步距

取各流水节拍 t_i 中的最大公约数。 $K=2$ 天。

(2) 计算各施工过程的专业队数

模板专业队 $B_1 = \frac{t_1}{K} = \frac{4}{2} = 2$ 队

钢筋专业队 $B_2 = \frac{t_2}{K} = \frac{2}{2} = 1$ 队

混凝土专业队 $B_3 = \frac{t_3}{K} = \frac{2}{2} = 1$ 队

(3) 确定施工段数 N

$$N_{\min} = \sum_{i=1}^M B_i + \frac{\sum t_k}{K} = 2 + 1 + 1 + \frac{2}{2} = 5 \text{ 段}$$

根据以上数据编制的流水作业水平进度计划见图 2-17 所示。

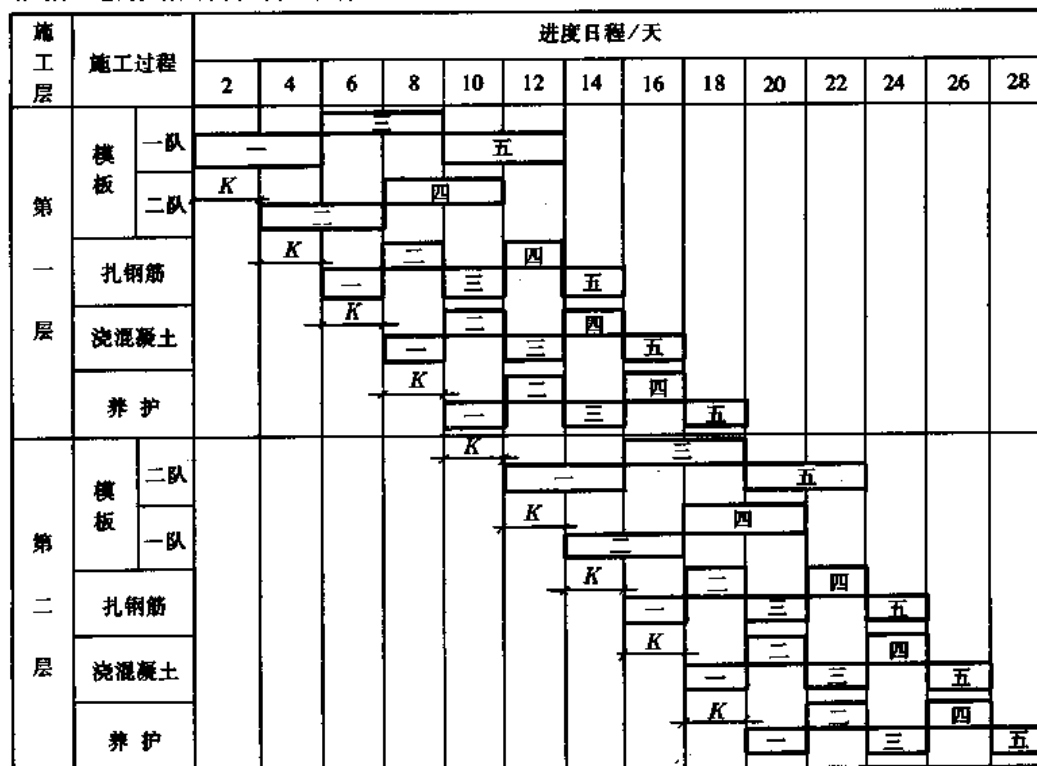


图 2-17 某二层楼现浇钢筋混凝土框架施工的流水作业水平进度计划

三、多层砖混结构房屋主体结构的流水作业组织

在当前的建筑物中,数量最多的是多层砖混结构,其主体结构是砌砖墙和安装钢筋混凝土楼板两个施工过程。因此施工段数应该是等于2或大于2而不允许小于2。通常将房屋平面划分成2个或3个施工段。每个楼层的砌墙又划分为2个或3个砌筑层(即每天砌筑高度)。砌筑层的高度一般为1.2m或1.8m。组织流水施工有以下几种方法:

(一)将房屋划分为2个施工段,每个楼层的砌墙分3个砌筑层

例如:每砌筑层砌墙为1个工作日,以此来组织主体结构的流水施工,见图2-18、图2-19、图2-20。当瓦工砌完第一施工段砖墙转入第二施工段时,在第一施工段上吊装楼板。

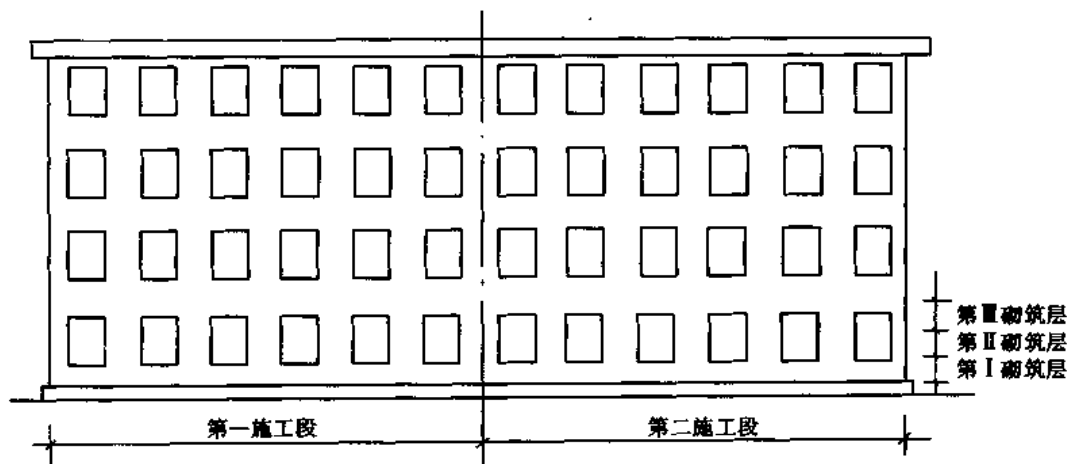


图2-18 将砖混房屋划分为2个施工段,每楼层砌墙分3个砌筑层示意图

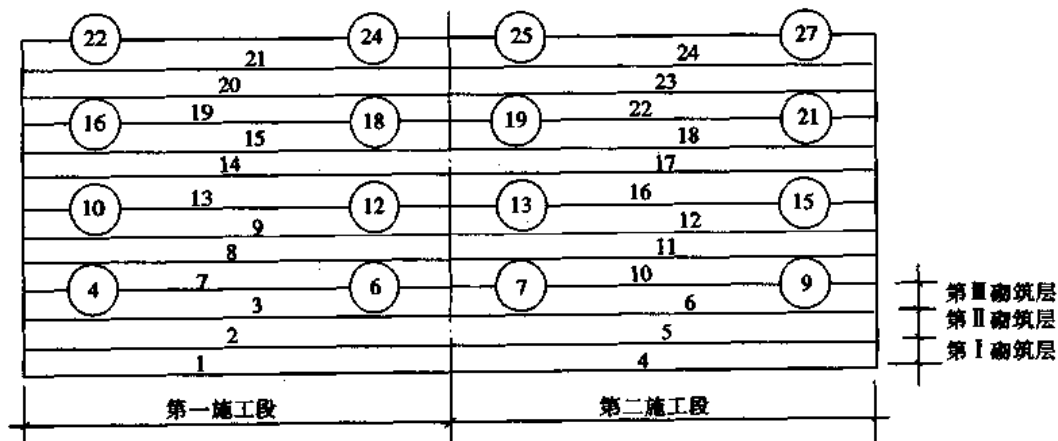


图2-19 图2-18主体结构流水作业的示意图

(二)将房屋划分为3个施工段,每楼层砌墙分2个砌筑层

例如:每砌筑层砌墙为1个工作日,以此来组织主体结构的流水施工,见图2-21、图2-22、图2-23。从图2-22及图2-23中可以看出,每一施工段当楼板吊装完后有2天的闲置时间,可以用来进行楼板灌缝、沿墙嵌砖、弹线等工作。另外,如果由于某种原因影响了某一工序进度时,也可用来起调节作用。

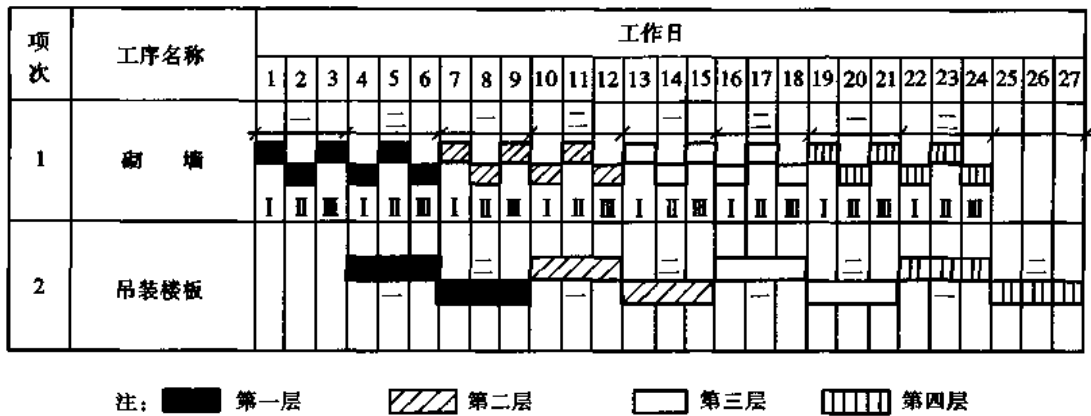


图 2-20 图 2-18 主体结构流水作业的进度表

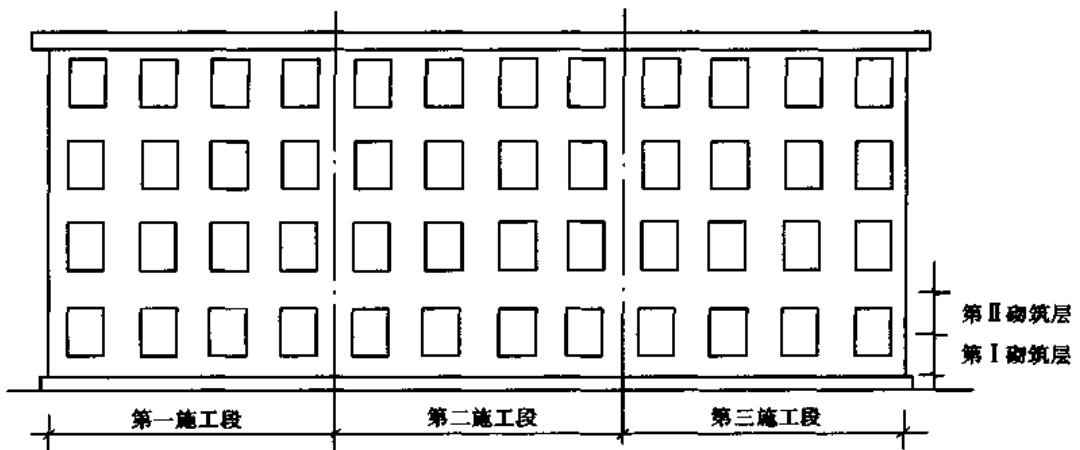


图 2-21 将砖砌房屋划分为 3 个施工段,每楼层砌墙分 2 个砌筑层的示意图

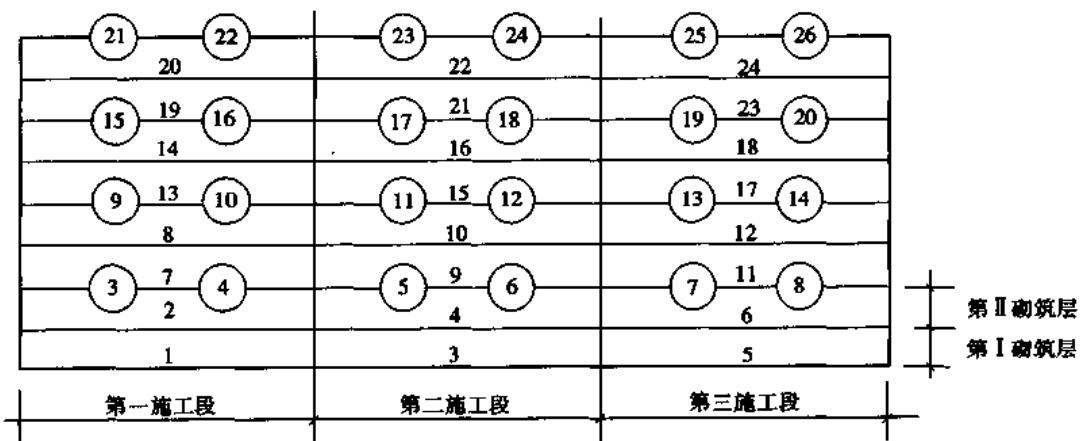


图 2-22 图 2-21 主体结构流水作业的示意图

项次	工序名称	工作日																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	砌 墙	—	二	三	—	二	三	—	二	三	—	二	三	—	二	三	—	二	三	—	二	三	—	二	三	—	二	三
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	吊装模板	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

注：■ 第一层 ▨ 第二层 □ 第三层 ▤ 第四层

图 2-23 图 2-21 主体结构流水作业的进度表

(三)组织多层砖混房屋主体结构的流水施工

施工时,砌墙工程中的内、外墙不是同时砌筑,而是在各砌筑层上转移,即瓦工在 1 个施工段上先砌外墙,砌完 1 个砌筑层高度后,就转移到同一施工段的内墙,此时架子工及普工就在该段外墙搭脚手板、立门窗框和运砖。当瓦工砌完该段内墙的 1 个砌筑层后又转移到本段的外墙,依次交叉进行。这种组织方法,在进度表中砌筑层这一条件未反映出来。用这种方式组织流水的优点是比较单纯,其缺点是不能充分利用砌墙工作面,并且在同一施工段中,砌墙与搭脚手板、运砖等交叉作业,容易发生互相干扰。

在实际组织流水作业中,应根据实际情况,合理、灵活地加以处理。其目的是使施工均衡性好,连续性强,提高专业化程度,计划安排紧凑,要满足实际劳动组合并能充分利用施工工作面。

当某一施工过程的流水节拍较长时,可多增加若干专业工作队或是增加工作班来解决。在工艺程序允许的情况下可以将某些小的施工过程加以合并后参与流水。总之流水作业十分灵活,可有多种不同的处理方法,要处理好需要依靠组织者的经验和艺术。

第三章 网络计划技术

由于生产技术的发展,常规的、传统的计划管理方法已不能满足现代化生产的要求。在20世纪50年代中期,国外开始采用网络计划的新方法,60年代初由华罗庚教授介绍到我国,将它称为“统筹法”,并逐步推广应用于工业、农业、国防和科研各个领域。在建筑管理中,早在60年代就开始应用网络计划技术;70年代后期,随着电子计算机在我国建筑业中的使用,网络计划及其优化开始应用电算求解;80年代随着微型计算机在我国建筑业的推广应用,网络计划及其电算技术得到进一步的发展。目前,我国网络计划的电算程序已日趋完善。

第一节 网络计划的基本概念

一、网络计划的基本原理

网络计划是以网络模型的形式来表达工程的进度计划,在网络模型中可确切地表明各项工作的相互联系和制约关系。也就是说,各工作之间的逻辑关系,在网络图中能按生产工艺严密地表达出来。其次是可以计算出工程各项工作的最早或最晚开始时间,从而可以找出工程的关键工作和关键线路。所谓关键线路就是指在该工程施工中,直接影响工程总工期的那一部分连贯的工作。通过不断改善网络计划,可以求得各种优化方案。例如工期最短;各种资源最均衡;在某种有限制的资源条件下,编出最优的网络计划;在各种不同工期下,选择工程成本最低的网络计划等。所有这些均称网络优化。此外,在工程实施中,根据工程实际情况和随客观条件的变化,可随时调整网络计划,使得计划永远处于最切合实际的最佳状态。总之,就是要保证该项工程以最小的消耗,取得最大的经济效益。所有这些,均需通过网络计划来实现。

工程计划的制订有两种方法,一种是应用传统的水平进度计划,另一种是网络计划。前者已为广大的计划工作者和技术人员所熟悉和掌握,它有直观效果,并且编制方法简便,但是与网络计划相比,它不如网络计划的优点多,在有些方面,水平进度计划是无法做到的。表3-1是两者的对比情况。

由表3-1可见水平进度计划能做到的,网络计划均能做到,而网络计划能做到的,水平进度计划却不一定能做到。

表 3-1 水平进度计划与网络计划比较

水平进度计划	网络计划
是凭计划人员的经验来编制	是根据生产工艺对各工作之间的逻辑关系编制的,比较严密,并且在以后如果需要变化、调整或优化时,其逻辑关系不变
不能表示出工程的关键线路	可以表达工程的关键线路和每个非关键线路上工作的浮动时间(称时差)
只能用人工手算编绘	可以应用计算机计算网络计划的时间、资源以及进行计划的调整等编制工作
难以进行计划的优化	可应用电算进行网络计划的各种优化
比较直观并且编制简便	通过电算能够输出完全按生产需要的水平进度计划,并可分别提出关键线路和浮动时间(时差)
在计划实施中,调整水平进度计划比较费事、费时	可以通过电算及时调整,调整后新的网络计划立即可以输出并绘制出相应的水平进度计划
编制水平进度计划比绘制网络图容易	网络计划要熟悉后才能快速编制,不过,目前电算已能自动绘制网络图
对各不同部门的计划要逐个编制	应用电算能够按各部门的不同要求输出各种粗细的网络计划

二、网络图的基本单元

网络图是用节点①和箭线→的连接来表示各项工作的施工顺序及其彼此间的相互逻辑关系。图 3-1 为网络图示例,共 8 个节点和 10 根箭线。

一个工程的施工,可划分成许多工作项目,这在第二章中已讲过,称为施工过程或工序,在网络图中称为“工作”。每一项工作用一根箭线和两个“节点”来表示,这就是网络计划的基本单元,见图 3-2。

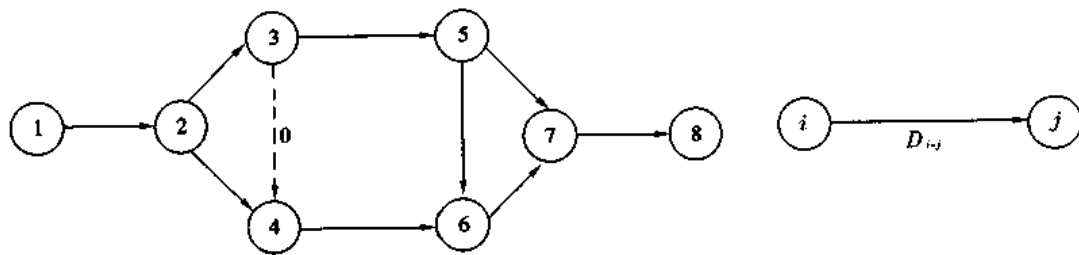


图 3-1 网络图示例

图 3-2 网络图的基本单元

在图 3-2 中,箭线下面所注的 $D_{i,j}$ 是表示该工作的持续时间,如挖土、砌砖墙等的持续时间。

在一根箭线的箭尾节点①→,称为该项工作的开始节点;箭头节点→①,称为工作的结束节点。“节点”在网络图中又称“事项”,它表示各工作的连接关系。节点中填的数字 i 表示开始节点的数字编号; j 表示结束节点的数字编号。箭尾节点 i 的编号要小于箭头节

点 j 的编号。

从图 3-1 可见,一个网络图是由许多基本单元所构成,各基本单元互相衔接。由两个或几个相衔接的工作,则紧靠前面的工作称为“紧前工作”。例如图 3-1 中的工作①→②是工作②→③及②→④的紧前工作。而②→③和②→④是①→②的紧后工作,紧前工作①→②的结束节点②也就是紧后工作②→③及②→④的开始节点。

以上所述的网络图,称为双代号网络图,因为它的每一个工作由一根箭线和两端的两个节点①、②来表示。这是网络图中最常用的一种表示形式。

还有一种网络图称为单代号网络图。它的每一个工作由一个节点来表示,箭头则仅表示工作的联系关系。单代号网络图的工作名称及其持续时间可写在节点内,见图 3-3(b)所示。

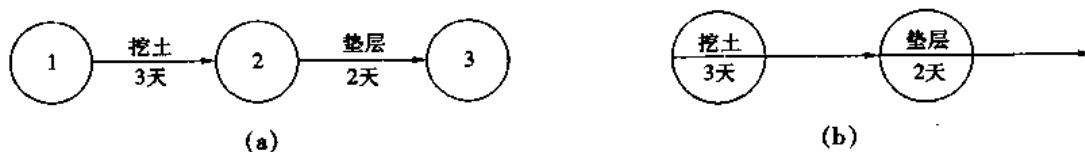


图 3-3 双代号与单代号网络图的基本单元对比

(a)双代号网络图基本单元的表达方式; (b)单代号网络图基本单元的表达方式

三、虚箭线

在双代号网络图中对虚箭线的运用是一个十分重要的问题。虚箭线也称零箭线,在网络图中出现的形式如图 3-4 所示。

虚箭线就是虚工作,它并不表示某一项工作,也不占用时间,不耗用资源和费用。因此,其持续时间为零,其箭线用虚线来表示。

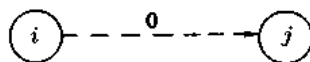


图 3-4 虚箭线的表示形式

在网络图中引进虚箭线的目的是为了确切地表达网络图中各工作之间相互联系和相互制约的逻辑关系。例如在图 3-1 中,加虚箭线③→④后,工作④⑥的紧前工作有②③及②④两个,如果没有③④虚箭线则工作④⑥的紧前工作只有②④而与工作②③毫无逻辑关系。因此,在网络图中如何设置虚箭线,对网络图的全盘逻辑关系影响很大。如果错设了虚箭线,将会导致整个网络图中各工作之间产生逻辑性错误。在网络图中虚箭线可用来分隔某些逻辑上毫无关系的工作,也可用来连接相互之间有逻辑关系的工作。由此可见虚箭线的作用很大,在网络图中要注意正确运用。

四、网络图的编号

网络图的编号要在绘制好正确的网络图后方可进行,不要边绘网络图边编号,否则当发现需要增加某些工作(箭线)后又需重新编号。网络图节点编号应遵循以下两条规则:

1. 一根箭线的箭头节点的编号(j)必须大于箭尾节点的编号(i),即 $i < j$;
2. 在同一个网络图中所有的节点,不能出现重复的编号。

为了便于在网络图中增减一个或几个工作,同一个网络图中的节点编号无需连续,可每隔一个网络区段留出若干空号,为调整或变动所用。

在使用电子计算机求解网络计划时,各软件一般都应有可自动改正网络图中节点编号错误的功能,但只改正由于编号疏忽所导致的差错,希读者不要因此而随意编号。

第二节 绘制网络图

一、绘制网络图的基本规则

绘制正确的网络图是网络计划技术的基础和出发点,否则会导致计划失误而前功尽弃,正确的网络图所包括的工作项目齐全,施工过程的数目定得适当,各项工作的施工顺序均符合生产工艺的要求,并且各施工过程之间的逻辑关系正确。除以上要求外,绘制网络图时还要遵守以下规则:

1. 在网络图中不允许出现相同编号的箭线

网络图中每一根箭线有一个开始节点和一个结束节点的编号,不允许出现相同编号的箭线。例如图 3-5a 中的两根箭线在网络图中所表示的两个工作,其编号均是①②,这就无法分清①②箭线究竟是指哪一工作。在这种情况下应增加一个节点和虚箭线,如图 3-5b 所示,这才是正确的绘法。



图 3-5 不正确的相同编号箭线及其更正的绘法

(a)不正确的相同编号箭线; (b)更正后的正确绘法

2. 在网络图中不允许出现循环回路

在网络图中出现循环回路是原则性的错误,因为工作的时间是矛盾的。如图 3-6a 中的②④⑤即为循环回路,应按各施工过程的实际施工顺序予以更正,如图 3-6b 为正确的网络图。

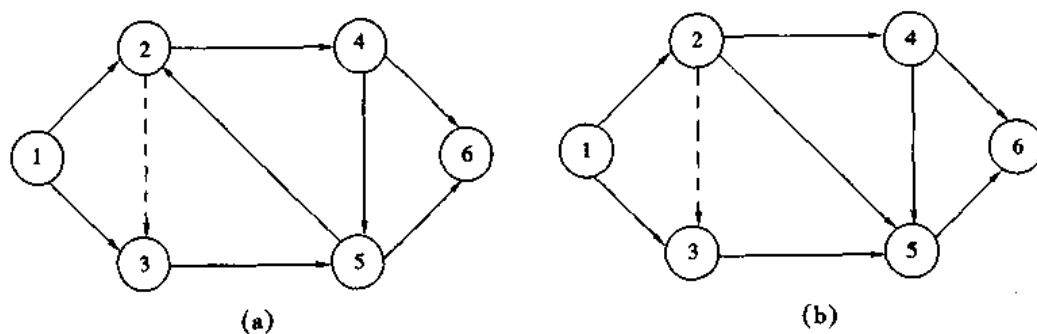


图 3-6 有错误循环回路的网络图及更正后的网络图

(a)有错误循环回路的网络图; (b)更正后的网络图

3. 在同一个网络图中,同一项工作不能出现两次

如图 3-7a 中活动 F 出现了两次,这是不允许的,应增加虚箭线来更正各工作之间的逻辑关系(见图 3-7b)

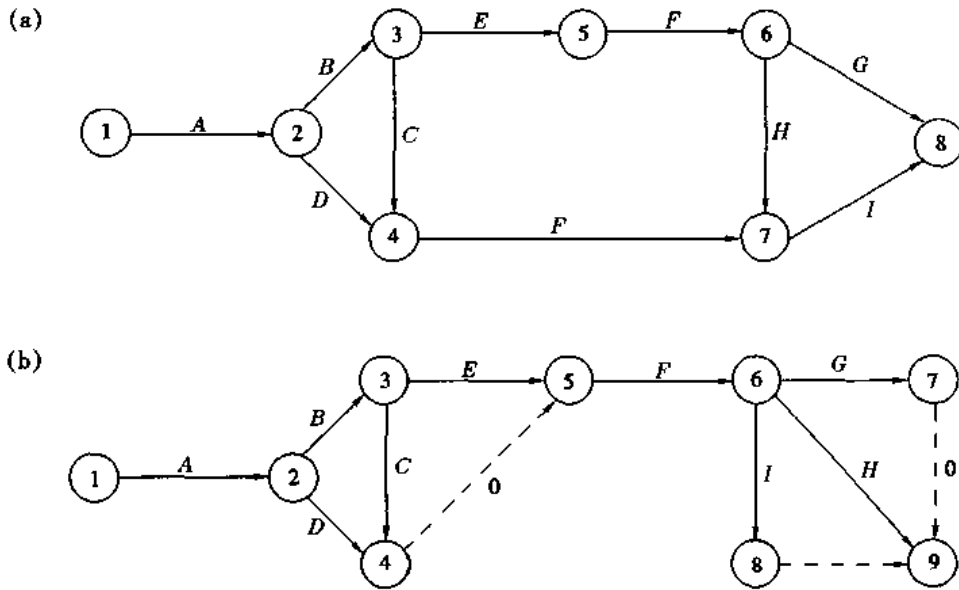


图 3-7 网络图中,同一个工作不能出现两次的示例
(a)出现重复工作项目的错误网络图; (b)更正后的正确网络图

4. 在一个网络图中只允许出现一个网络起始节点和一个网络结束节点

例如,图 3-8a 所示的网络图中出现了两个网络起始节点,即节点①与②,这是不允许的,应加以归并,更正成图 3-8b 的正确绘法。

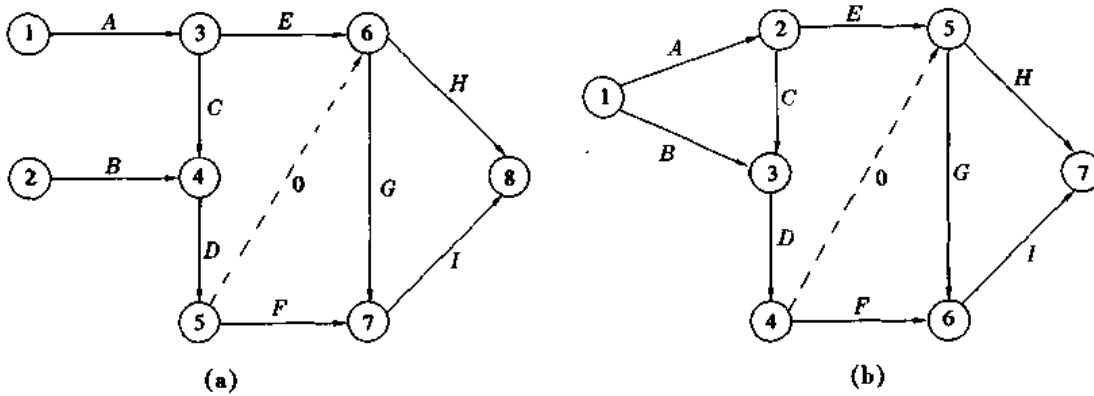


图 3-8 网络图中只允许出现一个网络起始节点的示例
(a)出现两个起始节点的错误网络图; (b)更正后的正确网络图

再例如,图 3-9a 中出现三个网络结束节点,即节点⑦、⑧、⑨,这也是不允许的,同样需加以归并和增加虚箭线⑦⑧来更正,图 3-9b 是正确的绘法。

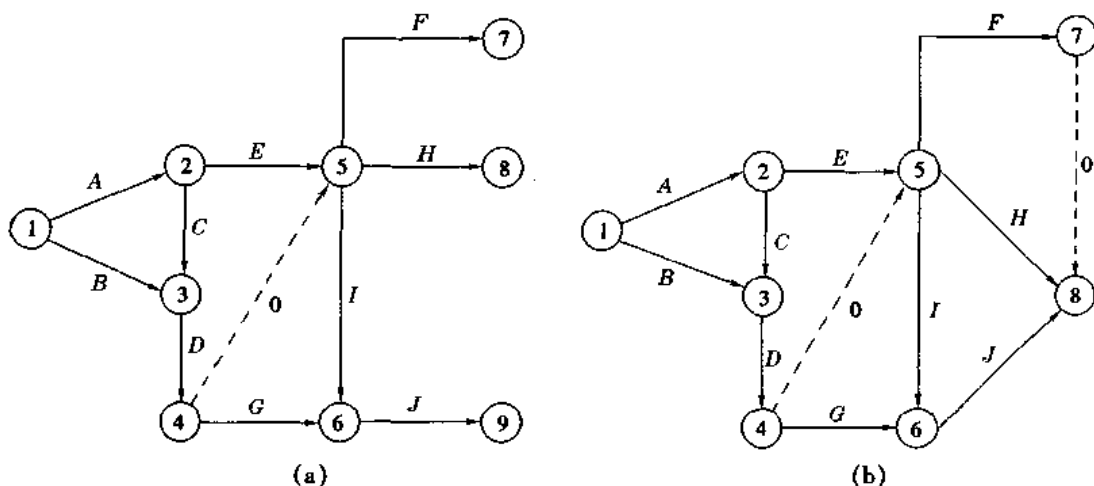


图 3-9 网络图中只允许出现一个网络结束节点示例

(a) 出现三个结束节点的错误网络图; (b) 更正后的正确网络图

5. 在网络图中,为了表达分段流水作业的情况,每个工作只反应每一施工段的工作

例如,图 3-10 为某基础工程应用流水作业的局部网络图,该基础分成两个施工段,每项施工过程如挖土、做垫层等均需画两根箭线,这样才能表达清楚流水施工的节奏。

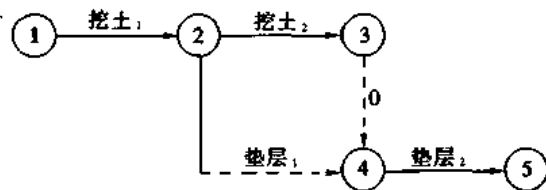


图 3-10 基础工程分段流水作业的局部网络图示例

二、绘制网络图的方法

绘制正确的网络图必须遵守上述基本规则,并且根据施工对象的生产工艺和施工组织的顺序,在网络图中正确反映出各个工作之间相互联系和制约的关系。在绘制中要注意以下几点:

1. 正确反映各工作之间的逻辑关系

表 3-2 列举了各工作之间逻辑关系在网络图中的表示方法。

2. 网络图中无逻辑关系的各工作,必须切断

对于在工艺与组织上不发生逻辑关系的工作,在网络图中运用虚箭线将其断开。

例题 3-1 有一项基础工程,它分为 2 个施工段和 4 个工作,即挖土、垫层、墙基、回填土。试问图 3-11 所示的网络图是否正确? 如果不正确,错误在哪里?

解 图 3-11 是不正确的,它的错误是对相互间无逻辑关系的工作没有切断。如墙基₁与挖土₂在时间、地点、工艺和组织上均不相干,不应该有衔接关系,必须切断。又如回填土₁与垫层₂也没有逻辑关系,不应该用箭线相连,必须切断。图 3-12 为更正后的正确网络图。

表 3-2 各工作之间逻辑关系在网络图中的表示方法

序号	各工作之间的逻辑关系	用双代号网络图的表达方式
1	A 完成后, 进行 B 和 C	
2	A、B 完成后, 进行 C 和 D	
3	A、B 完成后, 进行 C	
4	A 完成后, A、B 完成后, 进行 C 进行 D	
5	A、B 完成后, A、B、C 完成后, D、E 完成后, 进行 D 进行 E 进行 F	
6	A、B 工作分成三个施工段 A ₁ 完成后, 进行 A ₂ 、B ₁ A ₂ 完成后, 进行 A ₃ A ₂ 及 B ₁ 完成后, 进行 B ₂ A ₃ 及 B ₂ 完成后, 进行 B ₃	
7	A 完成后, B、C 完成后, 进行 B 进行 D	

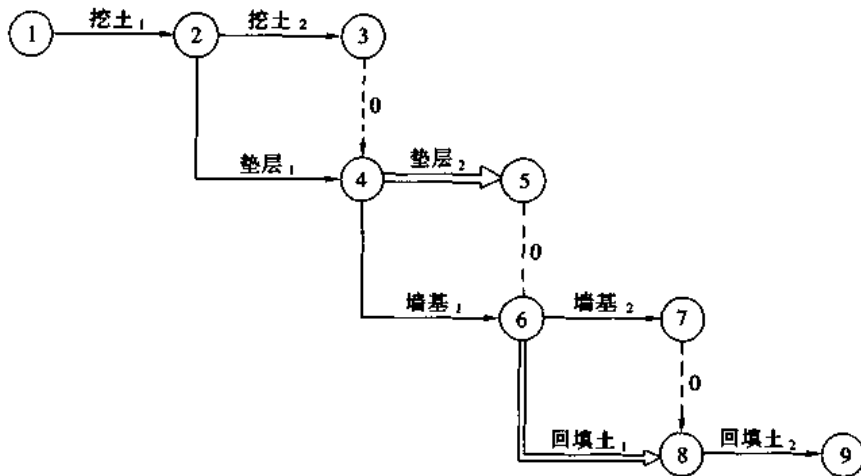


图 3-11 错误的基础施工网络图

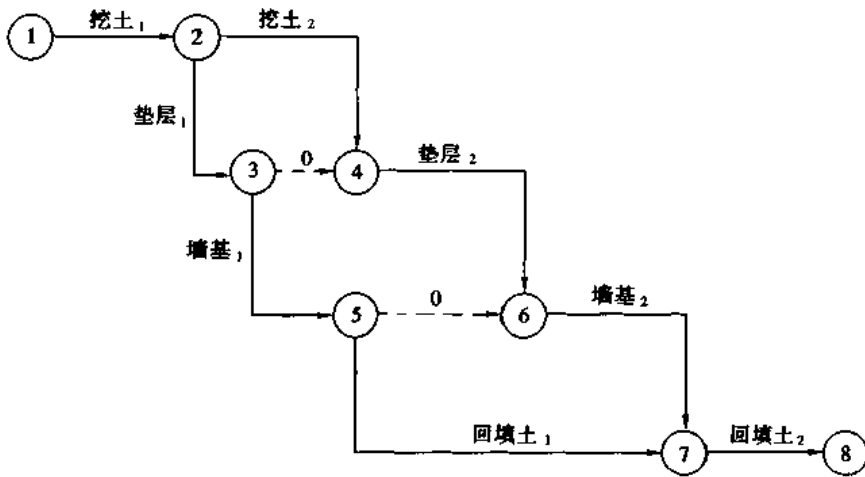


图 3-12 正确的基础施工网络图

3. 网络图的布置应该条理清楚

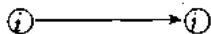
绘制网络图应将各分部、分项工程划分区段来表达,每施工过程的各层、各段也应有规律地布置,达到图面整齐、条理清楚、便于检查的目的。另外,还应尽量避免或减少箭线相互交叉。图 3-13 为布置零乱的网络图。图 3-14 为图面整齐、条理清楚的网络图。

三、单代号网络图的绘制

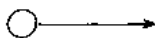
以上所述的网络图均为双代号网络,在我国较普遍使用。网络图的另一种表示方法是单代号网络,在国外,特别在欧洲使用较普遍。

(一)单代号网络计划的基本概念

以上所述均属双代号网络计划,即每一个工作由一根箭线两端的两个节点代号表示:



单代号网络计划的每一个工作由一根箭线及箭尾的一个节点代号表示:



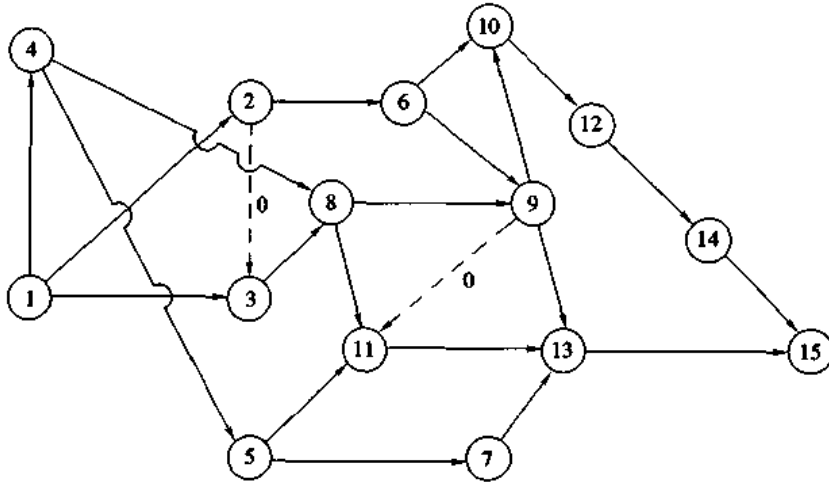


图 3-13 布置零乱的网络图

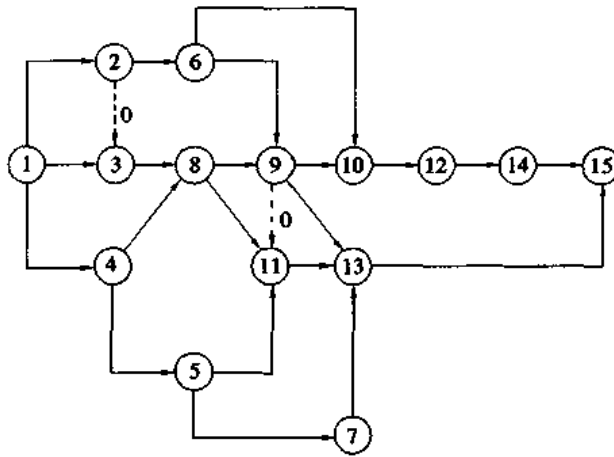


图 3-14 图面整齐、条理清楚的网络图

单代号网络的箭线仅表示该工作与其它工作的联系关系,而在节点内注明该工作的名称、代号、持续时间等,甚至有的还注明该工作的资源数量及工作的各时间参数等。

1. 节点

单代号网络计划的节点可以绘成圆形、椭圆形、正方形或长方形的线框,见图 3-15 所示。



图 3-15 单代号网络图节点的表示方法示例

2. 箭线

在双代号网络图中箭线表示工作及工作之间的逻辑关系。而在单代号网络图中,箭线仅表示工作之间的逻辑关系。箭线既不标注时间也不标注资源的消耗数,它只表示工作的前进方向。图 3-16 中的(a)为双代号网络图,(b)为单代号网络图,对同样的工作逻辑关系,单代号网络图较为简单。

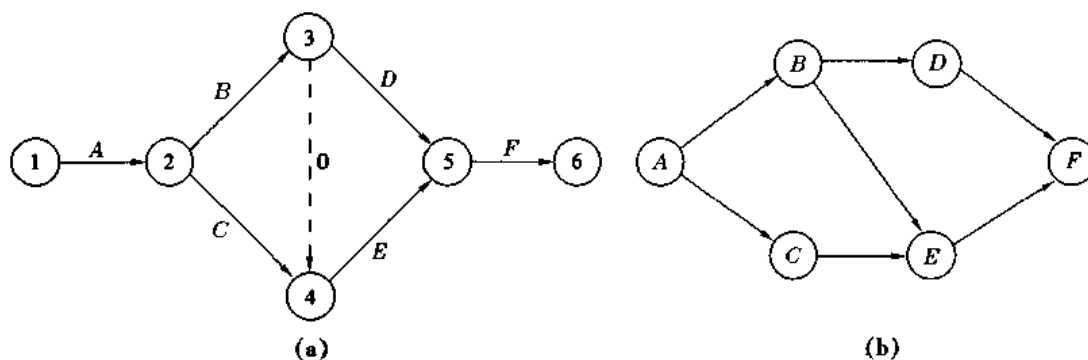


图 3-16 双代号与单代号网络图对同一逻辑关系的不同表示方式

单代号网络图的特点之一是不需要使用虚箭线。

双代号和单代号这两种网络图在我国均有采用,其中使用双代号更为普遍。使用者可以根据自己对它们的使用熟练程度和掌握的深度来加以选用。这两种图仅形式不同,最终所得结果是一致的。

(二) 单代号网络图的绘制

绘制单代号网络图需遵循以下规则:

1. 单代号网络图与双代号网络图一样,不允许出现循环回路;
2. 工作的代号不允许重复,一个工作的代号只能表示唯一的一个工作;
3. 两个工作节点之间只能出现一根箭线;
4. 如果单代号网络图在开始和结束时的某些工作,没有必要的逻辑关系时,必须在开始和结束处增加虚拟的“开始节点”和“结束节点”,如图 3-17 所示;

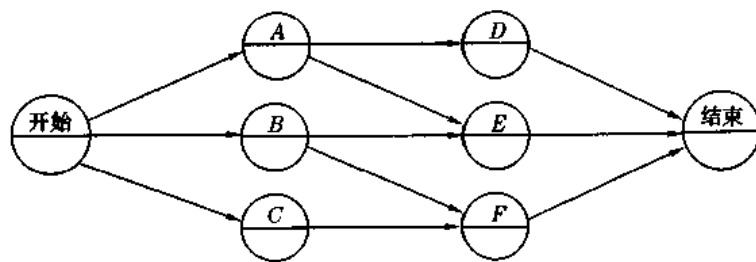


图 3-17 有虚拟的开始和结束节点的单代号网络图

5. 除了开始和结束节点以外,其余单代号网络图的节点,其前面至少有一个紧前工作节点,其后面至少有一个紧后工作节点与箭线相连。

表 3-3 所示为单代号网络图与双代号网络图逻辑关系表达方式的比较。

表 3-3 单代号网络图与双代号网络图逻辑关系表达方法的比较

紧前工作	紧后工作	双代号网络图	单代号网络图
A B	B C		
A	C B		
B A	C		
A B	C D		
A B	C, D D		
A B, C	B, C D		
A, B	C, D		
A B C D, E	B, C D, E E F		
A B C D E F G, H	B, C E, F D, E G G, H H I		
A, B, C	D, E, F		

第三节 网络计划的时间参数计算及关键线路的确定

一、时间参数的概念

1. 时限(time limitation)

网络计划或其中的工作因外界因素影响而在时间安排上所受到的某种限制。

2. 工作持续时间(duration)

对一项工作规定的从开始到完成的时间,以符号 D_{i-j} (用于双代号网络计划,下同)和 D_i (用于单代号网络计划,下同)表示。

3. 工作的最早开始时间(earliest start time)

在紧前工作和有关时限约束下,工作有可能开始的最早时刻,以符号 ES_{i-j}, ES_i 表示。

4. 工作的最早完成时间(earliest finish time)

在紧前工作和有关时限约束下,工作有可能完成的最早时刻,以符号 EF_{i-j}, EF_i 表示。

5. 工作的最迟开始时间(latest start time)

在不影响任务按期完成和有关时限约束的条件下,工作最迟必须开始的时刻,以符号 LS_{i-j}, LS_i 表示。

6. 工作的最迟完成时间(latest finish time)

在不影响任务按期完成和有关时限约束的条件下,工作最迟必须完成的时刻,以符号 LF_{i-j}, LF_i 表示。

7. 事件(event)

双代号网络图中,工作开始或完成的时间点。

8. 节点时间(event time)

亦称事件时间,双代号网络计划中,表明事件开始或完成时刻的时间参数。

9. 节点最早时间(earliest event time)

双代号网络计划中,该节点后各工作的最早开始时刻,以符号 ET_i 表示。

10. 节点最迟时间(latest event time)

双代号网络计划中,该节点前各工作的最迟完成时刻,以符号 LT_i 表示。

11. 时间间隔(time lag)

单代号网络计划中,一项工作的最早完成时间与其紧后工作最早开始时间可能存在的差值,以符号 $LAG_{i,j}$ 表示工作 i 与工作 j 之间的时间间隔。

12. 工作的总时差(total float)

在不影响工期和有关时限的前提下,一项工作可以利用的机动时间,以符号 TF_{i-j}, TF_i 表示。

13. 工作的自由时差(free float)

在不影响其紧后工作最早开始时间和有关时限的前提下,一项工作可以利用的机动时间,以符号 FF_{i-j}, FF_i 表示。

14. 相关时差(dependent float)

可以与紧后工作共同利用的机动时间,以符号 DF_{i-j}, DF_i 表示。

15. 计算工期(calculated project duration)

根据网络计划时间参数计算出来的工期,以符号 T_c 表示。

16. 要求工期(specific project duration)

任务委托人所要求的工期,以符号 T_r 表示。

17. 计划工期(planned project duration)

在要求工期和计算工期的基础上综合考虑需要和可能而确定的工期,以符号 T_p 表示。

二、双代号网络计划时间参数的计算

网络计划的时间参数计算应在确定各项工作持续时间之后进行。

(一)双代号网络计划时间参数的标注形式

双代号网络计划中的时间参数基本内容和形式的标注应符合以下规定:

1. 按工作计算法时间参数的标注形式

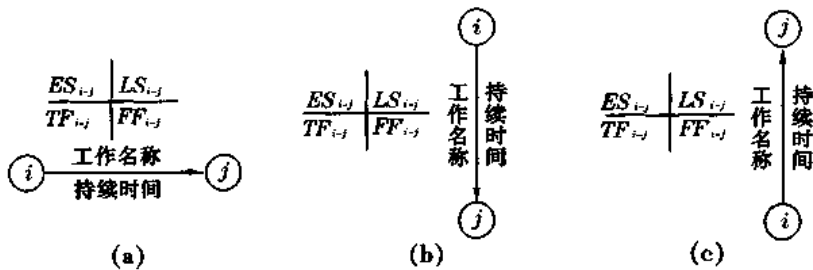


图 3-18 双代号网络计划时间参数标注形式之一

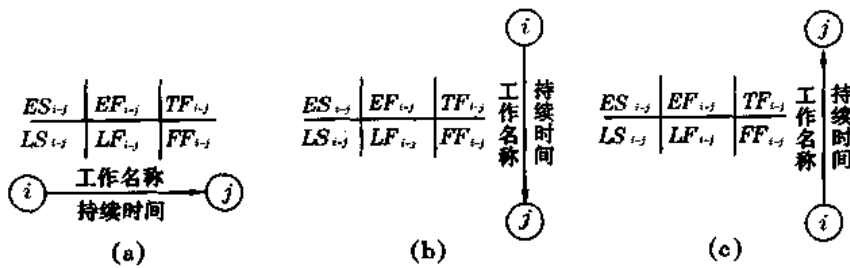


图 3-19 双代号网络计划时间参数标注形式之二

2. 按节点计算法时间参数的标注形式

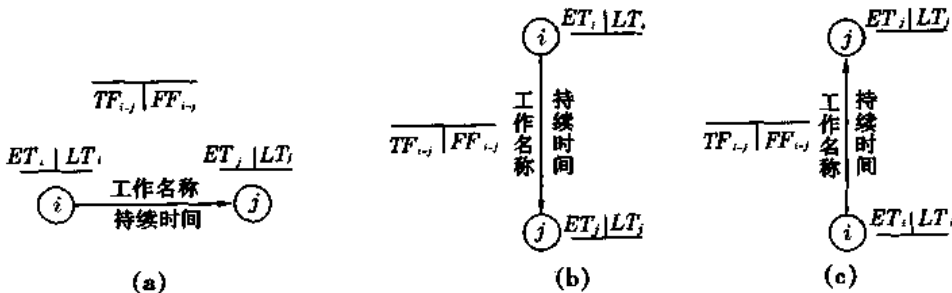


图 3-20 双代号网络计划时间参数标注形式之三

(二) 双代号网络计划按工作计算法时间参数的计算方法

1. 双代号网络计划按工作计算法计算时间参数的规定和公式

(1) 工作的最早开始时间的计算应符合下列规定:

① 工作 $i-j$ 的最早开始时间 ES_{i-j} 应从网络图的起点节点开始, 顺着箭线方向依次逐项计算。

② 以起点节点 i 为箭尾节点的工作 $i-j$, 如未规定其最早开始时间 ES_{i-j} 时, 其值等于零, 即

$$ES_{i-j} = 0 \quad (3-1)$$

③ 其它工作 $i-j$ 的最早开始时间 ES_{i-j} 应为其诸紧前工作最早开始时间与该紧前工作的持续时间之和中的最大值, 其计算表达式为

$$ES_{i-j} = \max_h \{ ES_{h-i} + D_{h-i} \} \quad (3-2)$$

式中 ES_{h-i} —— 工作 $i-j$ 的紧前工作 $h-i$ 的最早开始时间;

D_{h-i} —— 工作 $i-j$ 的紧前工作 $h-i$ 的持续时间。

(2) 工作 $i-j$ 的最早完成时间 EF_{i-j} 的计算应符合下式规定:

$$EF_{i-j} = ES_{i-j} + D_{i-j} \quad (3-3)$$

(3) 网络计划计算工期 T_c 的计算应符合下式规定:

$$T_c = \max_i \{ EF_{i-n} \} \quad (3-4)$$

式中 EF_{i-n} —— 以终点节点 ($j=n$) 为箭头节点的工作 $i-n$ 的最早完成时间。

(4) 网络计划的计划工期 T_p 应按下列情况分别确定:① 当已规定了要求工期 T_r 时

$$T_p \leq T_r \quad (3-5)$$

② 当未规定要求工期时

$$T_p = T_c \quad (3-6)$$

(5) 工作的最迟完成时间 LF_{i-j} 的计算应符合下列规定:

① 工作 $i-j$ 的最迟完成时间 LF_{i-j} 应从网络图的终点节点开始, 逆着箭线方向依次逐项计算。当部分工作分期完成时, 有关工作必须从分期完成的节点开始逆向逐项计算。

② 以终点节点 ($j=n$) 为箭头节点的工作的最迟完成时间 LF_{i-n} 应按网络计划的计划工期 T_p 确定, 即

$$LF_{i-n} = T_p \quad (3-7)$$

以分期完成的节点为箭头节点的工作的最迟完成时间应等于分期完成的时刻。

③ 其它工作 $i-j$ 的最迟完成时间 LF_{i-j} 应为其诸紧后工作最迟完成时间与该紧后工作的持续时间之差中的最小值, 其计算表达式为

$$LF_{i-j} = \min_k \{ LF_{j-k} - D_{j-k} \} \quad (3-8)$$

式中 LF_{j-k} —— 工作 $i-j$ 的紧后工作 $j-k$ 的最迟完成时间;

D_{j-k} —— 工作 $i-j$ 的紧后工作 $j-k$ 的持续时间。

(6) 工作的最迟开始时间 LS_{i-j} 的计算应符合下式规定:

$$LS_{i-j} = LF_{i-j} - D_{i-j} \quad (3-9)$$

(7) 工作 $i-j$ 的总时差 TF_{i-j} 是在不影响工期的前提下, 工作所具有的机动时间, 其计

算应符合式(3-10)或式(3-11)规定:

$$TF_{i-j} = LS_{i-j} - ES_{i-j} \quad (3-10)$$

$$TF_{i-j} = LF_{i-j} - EF_{i-j} \quad (3-11)$$

(8)工作 $i-j$ 的自由时差 FF_{i-j} 是在不影响其紧后工作最早开始的前提下,工作所具有的机动时间,其计算应符合式(3-12)或式(3-13)规定:

$$FF_{i-j} = ES_{j-k} - ES_{i-j} - D_{i-j} \quad (3-12)$$

$$FF_{i-j} = ES_{i-k} - EF_{i-j} \quad (3-13)$$

式中 ES_{j-k} ——工作 $i-j$ 的紧后工作 $j-k$ 的最早开始时间。

2. 双代号网络计划按工作计算法时间参数计算举例

例题 3-2 计算图3-21所示双代号网络计划各工作的时间参数。

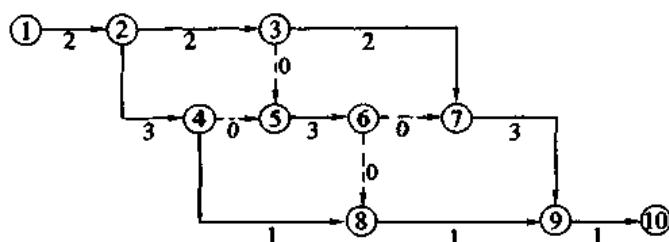


图 3-21 双代号网络计划

解 计算方法和步骤如下:

(1) 计算各工作的最早开始时间

工作的最早开始时间应从以网络图的起点节点开始的工作算起,顺着箭线方向依次逐项计算,直到以终点节点为结束节点的工作计算完成为止。必须先计算其紧前工作,然后才能计算本工作。

图 3-21 中,以起点节点①为箭尾节点的工作 1-2,因为未规定其最早开始时间,按公式(3-1)其值等于零,即

$$ES_{1-2} = 0$$

其它工作 $i-j$ 的最早开始时间按公式(3-2)进行计算。

因此得到

$$ES_{2-3} = \max\{ES_{1-2} + D_{1-2}\} = 0 + 2 = 2$$

$$ES_{2-4} = \max\{ES_{1-2} + D_{1-2}\} = 0 + 2 = 2$$

$$ES_{3-7} = \max\{ES_{2-3} + D_{2-3}\} = 2 + 2 = 4$$

$$ES_{5-6} = \max\{ES_{2-3} + D_{2-3}, ES_{2-4} + D_{2-4}\} = \max\{2 + 2, 2 + 3\} = 5$$

$$ES_{4-8} = \max\{ES_{2-4} + D_{2-4}\} = 2 + 3 = 5$$

$$ES_{8-9} = \max\{ES_{5-6} + D_{5-6}, ES_{4-8} + D_{4-8}\} = \max\{5 + 3, 5 + 1\} = 8$$

$$ES_{7-9} = \max\{ES_{5-6} + D_{5-6}, ES_{3-7} + D_{3-7}\} = \max\{5 + 3, 4 + 2\} = 8$$

$$ES_{9-10} = \max\{ES_{7-9} + D_{7-9}, ES_{8-9} + D_{8-9}\} = \max\{8 + 3, 8 + 1\} = 11$$

(2) 计算各工作的最早完成时间

工作 $i-j$ 的最早完成时间 EF_{i-j} 的计算按公式(3-3)进行。
因此得到

$$\begin{aligned}EF_{1-2} &= ES_{1-2} + D_{1-2} = 0 + 2 = 2 \\EF_{2-3} &= ES_{2-3} + D_{2-3} = 2 + 2 = 4 \\EF_{2-4} &= ES_{2-4} + D_{2-4} = 2 + 3 = 5 \\EF_{3-7} &= ES_{3-7} + D_{3-7} = 4 + 2 = 6 \\EF_{5-6} &= ES_{5-6} + D_{5-6} = 5 + 3 = 8 \\EF_{4-8} &= ES_{4-8} + D_{4-8} = 5 + 1 = 6 \\EF_{8-9} &= ES_{8-9} + D_{8-9} = 8 + 1 = 9 \\EF_{7-9} &= ES_{7-9} + D_{7-9} = 8 + 3 = 11 \\EF_{9-10} &= ES_{9-10} + D_{9-10} = 11 + 1 = 12\end{aligned}$$

(3) 计算网络计划的总工期

网络计划的计算工期 T_c 的计算按公式(3-4)进行。

因此得到

$$T_c = \max\{EF_{9-10}\} = 12$$

(4) 网络计划的计划工期

由于未规定要求工期,所以该网络计划的计划工期(T_p)可按公式(3-6)取其计算工期

$$T_p = T_c = 12$$

(5) 工作的最迟完成时间的计算

工作最迟完成时间应从网络图的终点节点开始,逆着箭线的方向,自右至左进行计算,直到以起点节点为开始节点的工作计算完成为止。必须先计算紧后工作,然后才能计算本工作。以终点节点为箭头节点的工作的最迟开始时间应按公式(3-7)进行计算:

$$LF_{i-n} = T_p$$

因此得到

$$LF_{9-10} = 12$$

其它工作 $i-j$ 的最迟完成时间是其诸紧后工作最迟完成时间与该紧后工作的持续时间之差的最小值,故应按公式(3-8)进行计算。

因此得到

$$\begin{aligned}LF_{7-9} &= \min\{LF_{9-10} - D_{9-10}\} = 12 - 1 = 11 \\LF_{8-9} &= \min\{LF_{9-10} - D_{9-10}\} = 12 - 1 = 11 \\LF_{3-7} &= \min\{LF_{7-9} - D_{7-9}\} = 11 - 3 = 8 \\LF_{5-6} &= \min\{LF_{7-9} - D_{7-9}, LF_{8-9} - D_{8-9}\} = \min\{11 - 3, 11 - 1\} = 8 \\LF_{4-8} &= \min\{LF_{8-9} - D_{8-9}\} = 11 - 1 = 10 \\LF_{2-4} &= \min\{LF_{5-6} - D_{5-6}, LF_{4-8} - D_{4-8}\} = \min\{8 - 3, 10 - 1\} = 5 \\LF_{2-3} &= \min\{LF_{3-7} - D_{3-7}, LF_{5-6} - D_{5-6}\} = \min\{8 - 2, 8 - 3\} = 5 \\LF_{1-2} &= \min\{LF_{2-3} - D_{2-3}, LF_{2-4} - D_{2-4}\} = \min\{5 - 2, 5 - 3\} = 2\end{aligned}$$

(6) 工作最迟开始时间的计算

工作 $i-j$ 的最迟开始时间是其最迟完成时间与其持续时间之差,可按公式(3-9)计算(计算过程略)。

因此得到图 3-21 中各项工作的最迟开始时间列入图内(见图 3-22)。

(7)工作总时差的计算

一项工作的机动范围要受其紧前紧后工作的约束。它的极限机动时间是从其最早开始时间到最迟完成时间这段时间段,从中扣除本身作业必须占用的时间之后,其余时间才可机动使用,因此

$$TF_{i-j} = LF_{i-j} - ES_{i-j} - D_{i-j} = LF_{i-j} - EF_{i-j} = LS_{i-j} - ES_{i-j} \quad (3-14)$$

于是算得

$$TF_{1-2} = 0 - 0 = 2 - 2 = 0$$

$$TF_{2-3} = 3 - 2 = 5 - 4 = 1$$

$$TF_{2-4} = 2 - 2 = 5 - 5 = 0$$

...

(8)工作自由时差的计算

根据自由时差的定义,其值应等于其紧后工作最早开始时间与本工作最早完成时间之差,故按公式(3-13)或公式(3-12)计算。

因此得到

$$FF_{1-2} = 2 - 2 = 0$$

$$FF_{2-3} = 4 - 4 = 0$$

$$FF_{2-4} = 5 - 5 = 0$$

$$FF_{3-7} = 8 - 6 = 2$$

$$FF_{4-8} = 8 - 6 = 2$$

$$FF_{5-6} = 8 - 8 = 0$$

$$FF_{7-9} = 11 - 11 = 0$$

$$FF_{8-9} = 11 - 9 = 2$$

$$FF_{9-10} = 12 - 12 = 0$$

本例双代号网络计划按工作计算法时间参数的计算结果,见图 3-22 所示。

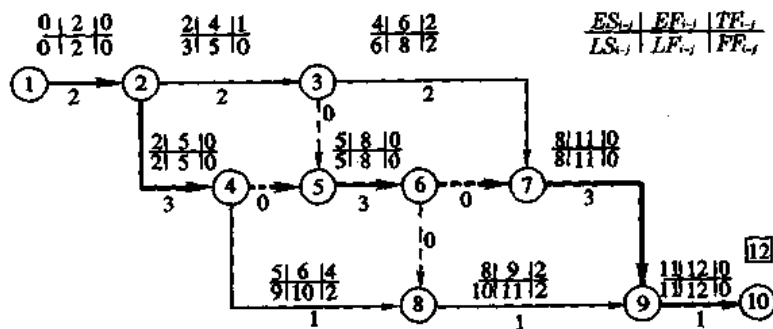


图 3-22 双代号网络计划按工作计算法时间参数的计算结果

(三) 双代号网络计划按节点算法时间参数的计算方法

1. 双代号网络计划按节点算法计算时间参数的规定和公式

(1) 节点最早时间的计算应符合下式规定:

① 节点 i 的最早时间 ET_i 应从网络图的起点节点开始, 顺着箭线方向逐个计算;

② 起点节点的最早时间如无规定时, 其值等于零, 即

$$ET_i = 0 \quad (3-15)$$

③ 其它节点的最早时间 ET_j 应为

$$ET_j = \max \{ ET_i + D_{i-j} \} \quad (3-16)$$

式中 ET_i ——工作 $i-j$ 的箭尾节点 i 的最早时间。(2) 网络计划计算工期 T_c 的计算应符合下式规定:

$$T_c = ET_n \quad (3-17)$$

式中 ET_n ——终点节点 n 的最早时间。(3) 确定网络计划的计划工期 T_p 应符合公式(3-5)及(3-6)的规定。

(4) 节点最迟时间的计算应符合下列规定:

① 节点 i 的最迟时间 LT_i 应从网络图的终点节点开始, 逆着箭线的方向依次逐项计算。当部分工作分期完成时, 有关节点的最迟时间必须从分期完成节点开始逆向逐项计算;② 终点节点的最迟时间 LT_n 应按网络计划的计划工期 T_p 确定, 即

$$LT_n = T_p \quad (3-18)$$

分期完成节点的最迟时间应等于分期完成的时刻;

③ 其它节点的最迟时间 LT_i 应为

$$LT_i = \min \{ LT_j - D_{i-j} \} \quad (3-19)$$

式中 LT_j ——工作 $i-j$ 的箭头节点 j 的最迟时间。(5) 工作 $i-j$ 的最早开始时间 ES_{i-j} 的计算应符合下式规定:

$$ES_{i-j} = ET_i \quad (3-20)$$

(6) 工作 $i-j$ 的最早完成时间 EF_{i-j} 的计算应符合下式规定:

$$EF_{i-j} = ET_i + D_{i-j} \quad (3-21)$$

(7) 工作 $i-j$ 的最迟完成时间 LF_{i-j} 的计算应符合下式规定:

$$LF_{i-j} = LT_j \quad (3-22)$$

(8) 工作 $i-j$ 的最迟开始时间 LS_{i-j} 的计算应符合下式规定:

$$LS_{i-j} = LT_j - D_{i-j} \quad (3-23)$$

(9) 工作 $i-j$ 的总时差 TF_{i-j} 的计算应符合下式规定:

$$TF_{i-j} = LT_j - ET_i - D_{i-j} \quad (3-24)$$

(10) 工作 $i-j$ 的自由时差 FF_{i-j} 的计算应符合下式规定:

$$FF_{i-j} = ET_j - ET_i - D_{i-j} \quad (3-25)$$

2. 双代号网络计划按节点算法时间参数计算举例

例题 3-3 仍以图 3-21 双代号网络计划为例, 试简述按节点算法计算时间参数的方法和步骤。

解

(1)节点最早时间的计算

节点的最早时间应从网络图的起点节点①开始,顺着箭线方向逐个计算(见图 3-23)。

由于该网络计划的起点节点最早时间无规定,因此其值等于零,即

$$ET_1=0$$

其他节点的最早时间 ET_j 按公式(3-16)计算。

因此得到

$$\begin{aligned}
ET_2 &= \max\{ET_1 + D_{1-2}\} = 0 + 2 = 2 \\
ET_3 &= \max\{ET_2 + D_{2-3}\} = 2 + 2 = 4 \\
ET_4 &= \max\{ET_2 + D_{2-4}\} = 2 + 3 = 5 \\
ET_5 &= \max\{ET_3 + D_{3-5}, ET_4 + D_{4-5}\} = \max\{4 + 0, 5 + 0\} = 5 \\
ET_6 &= \max\{ET_5 + D_{5-6}\} = 5 + 3 = 8 \\
ET_7 &= \max\{ET_3 + D_{3-7}, ET_6 + D_{6-7}\} = \max\{4 + 2, 8 + 0\} = 8 \\
ET_8 &= \max\{ET_4 + D_{4-8}, ET_6 + D_{6-8}\} = \max\{5 + 1, 8 + 0\} = 8 \\
ET_9 &= \max\{ET_7 + D_{7-9}, ET_8 + D_{8-9}\} = \max\{8 + 3, 8 + 1\} = 11 \\
ET_{10} &= \max\{ET_9 + D_{9-10}\} = 11 + 1 = 12
\end{aligned}$$

(2)网络计划的计算工期

网络计划计算工期 T_c 应按公式(3-17)确定。

由于该计划没有规定工期 T_r , 故该计算工期就是计划工期。

$$T_p = T_c = ET_{10} = 12$$

(3)节点最迟时间的计算

节点 i 的最迟时间 LT_i 应从网络图的终点节点开始,逆着箭线的方向依次逐项计算。

终点节点的最迟时间按公式(3-18)计算。

本计划的终点节点 10 的最迟时间是

$$LT_{10} = 12$$

其它节点的最迟时间按公式(3-19)计算。

由此得到

$$\begin{aligned}
LT_9 &= \min\{LT_{10} - D_{9-10}\} = 12 - 1 = 11 \\
LT_8 &= \min\{LT_9 - D_{8-9}\} = 11 - 1 = 10 \\
LT_7 &= \min\{LT_9 - D_{7-9}\} = 11 - 3 = 8 \\
LT_6 &= \min\{LT_7 - D_{6-7}, LT_8 - D_{6-8}\} = \min\{8 - 0, 10 - 0\} = 8 \\
LT_5 &= \min\{LT_6 - D_{5-6}\} = 8 - 3 = 5 \\
LT_4 &= \min\{LT_8 - D_{4-8}, LT_5 - D_{4-5}\} = \min\{10 - 1, 5 - 0\} = 5 \\
LT_3 &= \min\{LT_7 - D_{3-7}, LT_5 - D_{3-5}\} = \min\{8 - 2, 5 - 0\} = 5 \\
LT_2 &= \min\{LT_4 - D_{2-4}, LT_3 - D_{2-3}\} = \min\{5 - 3, 5 - 2\} = 2 \\
LT_1 &= \min\{LT_2 - D_{1-2}\} = 2 - 2 = 0
\end{aligned}$$

将以上算得的节点时间填在图的相应位置,见图 3-23 所示。

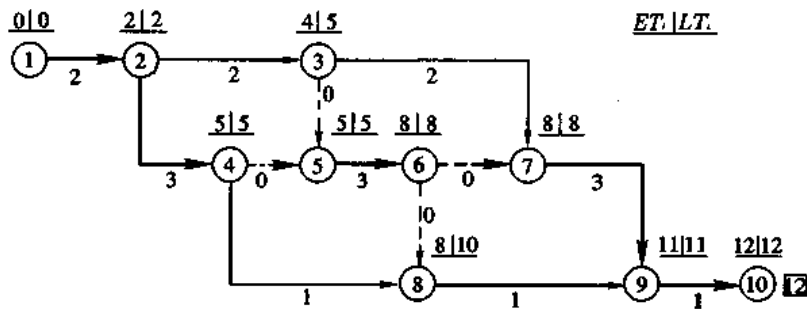


图 3-23 双代号网络计划按节点算法时间参数的计算结果

(4) 工作最早开始时间的计算

每项工作的最早开始时间,实际上就是其箭尾节点的最早时间,即

$$ES_{i-j} = ET_i$$

如图 3-23 中: $ES_{1-2} = 0$; $ES_{2-3} = 2$; $ES_{5-6} = 5$; ...

(5) 工作最早完成时间的计算

工作最早完成时间可按公式(3-21)计算。

如图 3-23 中

$$EF_{1-2} = ET_1 + D_{1-2} = 0 + 2 = 2$$

$$EF_{2-3} = ET_2 + D_{2-3} = 2 + 2 = 4$$

$$EF_{5-6} = ET_5 + D_{5-6} = 5 + 3 = 8$$

(6) 工作最迟开始时间的计算

工作 $i-j$ 的最迟开始时间 LS_{i-j} 可按公式(3-23)计算。

如图 3-23 中

$$LS_{9-10} = LT_{10} - D_{9-10} = 12 - 1 = 11$$

$$LS_{8-9} = LT_9 - D_{8-9} = 11 - 1 = 10$$

$$LS_{5-6} = LT_6 - D_{5-6} = 8 - 3 = 5$$

(7) 工作最迟完成时间的计算

工作最迟完成时间可用公式(3-22)进行计算。

如图 3-23 中

$$LF_{9-10} = LT_{10} = 12;$$

$$LF_{8-9} = LT_9 = 11;$$

$$LF_{7-9} = LT_9 = 11;$$

...

(8) 工作总时差的计算

工作总时差可按公式(3-24)进行计算。

如图 3-23 中

$$TF_{1-2} = LT_2 - ET_1 - D_{1-2} = 2 - 0 - 2 = 0$$

$$TF_{2-3} = LT_3 - ET_2 - D_{2-3} = 5 - 2 - 2 = 1$$

$$TF_{5-6} = LT_6 - ET_5 - D_{5-6} = 8 - 5 - 3 = 0$$

...

(9) 工作自由时差的计算

工作自由时差可按公式(3-25)进行计算。

如图 3-23 中

$$FF_{1-2} = ET_2 - ET_1 - D_{1-2} = 2 - 0 - 2 = 0$$

$$FF_{3-7} = ET_7 - ET_3 - D_{3-7} = 8 - 4 - 2 = 2$$

$$FF_{4-8} = ET_8 - ET_4 - D_{4-8} = 8 - 5 - 1 = 2$$

...

三、单代号网络计划的时间参数计算

(一) 单代号网络计划时间参数计算的公式与规定

1. 工作最早开始时间的计算应符合下列规定:

(1) 工作 i 的最早开始时间 ES_i 应从网络图的起点节点开始, 顺着箭线方向依次逐个计算。

(2) 起点节点的最早开始时间 ES_1 如无规定时, 其值等于零, 即

$$ES_1 = 0 \quad (3-26)$$

(3) 其它工作的最早开始时间 ES_i 应为

$$ES_i = \max_h \{ ES_h + D_h \} \quad (3-27)$$

式中 ES_h ——工作 i 的紧前工作 h 的最早开始时间;

D_h ——工作 i 的紧前工作 h 的持续时间。

2. 工作 i 的最早完成时间 EF_i 的计算应符合下式规定:

$$EF_i = ES_i + D_i \quad (3-28)$$

3. 网络计划计算工期 T_c 的计算应符合下式规定:

$$T_c = EF_n \quad (3-29)$$

式中 EF_n ——终点节点 n 的最早完成时间。

4. 确定网络计划的计划工期 T_p 应符合公式(3-5)(3-6)条件。

5. 相邻两项工作 i 和 j 之间的时间间隔 $LAG_{i,j}$ 的计算应符合下式规定:

$$LAG_{i,j} = ES_j - EF_i \quad (3-30)$$

式中 ES_j ——工作 j 的最早开始时间。

6. 工作总时差的计算应符合下列规定:

(1) 工作 i 的总时差 TF_i 应从网络图的终点节点开始, 逆着箭线方向依次逐项计算。当部分工作分期完成时, 有关工作的总时差必须从分期完成的节点开始逆向逐项计算。

(2) 终点节点所代表的工作 n 的总时差 TF_n 值为零, 即

$$TF_n = 0 \quad (3-31)$$

分期完成的工作的总时差值为零。

(3) 其它工作的总时差 TF_i 的计算应符合下式规定:

$$TF_i = \min_j \{ LAG_{i,j} + TF_j \} \quad (3-32)$$

式中 TF_j ——工作 i 的紧后工作 j 的总时差。

当已知各项工作的最迟完成时间 LF_i 或最迟开始时间 LS_i 时,工作的总时差 TF_i 计算也应符合式(3-33)或式(3-34)规定:

$$TF_i = LS_i - ES_i \quad (3-33)$$

$$TF_i = LF_i - EF_i \quad (3-34)$$

7. 工作 i 的自由时差 FF_i 的计算应符合式(3-35)、式(3-36)或式(3-37)规定:

$$FF_i = \min_j \{LAG_{i,j}\} \quad (3-35)$$

$$FF_i = \min_j \{ES_j - EF_i\} \quad (3-36)$$

$$FF_i = \min_j \{ES_j - ES_i - D_i\} \quad (3-37)$$

8. 工作最迟完成时间的计算应符合下列规定:

(1) 工作 i 的最迟完成时间 LF_i 应从网络图的终点节点开始,逆着箭线方向依次逐项计算。当部分工作分期完成时,有关工作的最迟完成时间应从分期完成的节点开始逆向逐项计算。

(2) 终点节点所代表的工作 n 的最迟完成时间 LF_n 应按网络计划的计划工期 T_p 确定,即

$$LF_n = T_p \quad (3-38)$$

分期完成那项工作的最迟完成时间应等于分期完成的时刻。

(3) 其它工作 i 的最迟完成时间 LF_i 应为

$$LF_i = \min_j \{LF_j - D_j\} \quad (3-39)$$

式中 LF_j ——工作 i 的紧后工作 j 的最迟完成时间;

D_j ——工作 i 的紧后工作 j 的持续时间。

9. 工作 i 的最迟开始时间 LS_i 的计算应符合下列规定:

$$LS_i = LF_i - D_i \quad (3-40)$$

(二) 单代号网络计划时间参数计算示例

例题 3-4 试计算图 3-24 所示单代号网络计划的时间参数。

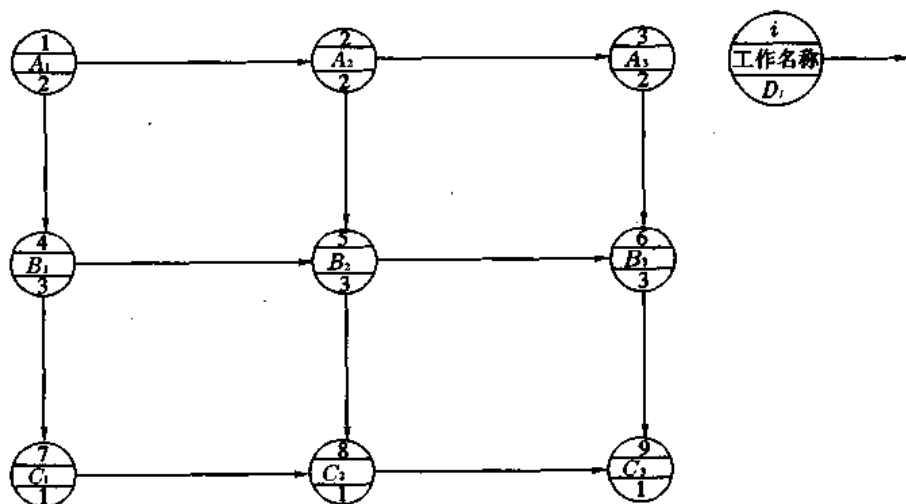


图 3-24 单代号网络计划

解 计算出的时间参数标注方法如图 3-25 所示。计算结果见图 3-26 所示。现对其计算方法说明如下:

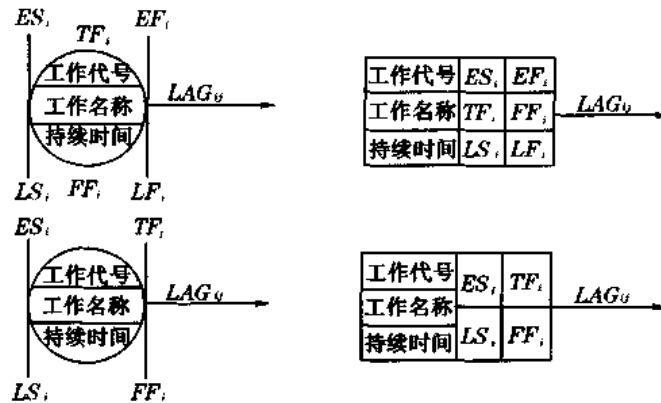


图 3-25 单代号网络计划时间参数标注形式

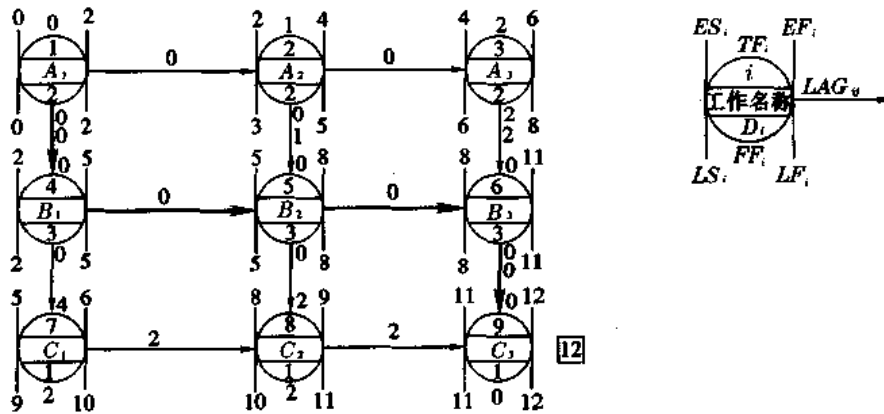


图 3-26 单代号网络计划的时间参数计算结果(根据图 3-24 计算)

1. 工作最早开始时间的计算

工作的最早开始时间从网络图的起点节点开始,顺着箭线方向自左至右,依次逐个计算。因起点节点的最早开始时间未作规定,故

$$ES_1 = 0$$

其后续工作的最早开始时间是其各紧前工作的最早开始时间与其持续时间之和,并取其最大值,其计算公式见式(3-27)。

由此得到

$$ES_2 = ES_1 + D_1 = 0 + 2 = 2$$

$$ES_3 = ES_2 + D_2 = 2 + 2 = 4$$

$$ES_4 = ES_1 + D_1 = 0 + 2 = 2$$

$$ES_5 = \max\{ES_2 + D_2, ES_4 + D_4\} = \max\{2 + 2, 2 + 3\} = 5$$

$$ES_6 = \max\{ES_3 + D_3, ES_5 + D_5\} = \max\{4 + 2, 5 + 3\} = 8$$

$$ES_7 = ES_4 + D_4 = 2 + 3 = 5$$

$$ES_8 = \max\{ES_5 + D_5, ES_7 + D_7\} = \max\{5 + 3, 5 + 1\} = 8$$

$$ES_9 = \max\{ES_6 + D_6, ES_8 + D_8\} = \max\{8 + 3, 8 + 1\} = 11$$

2. 工作最早完成时间的计算

每项工作的最早完成时间是该工作的最早开始时间与其持续时间之和,其计算公式见式(3-28)。

因此可得

$$EF_1 = ES_1 + D_1 = 0 + 2 = 2$$

$$EF_2 = ES_2 + D_2 = 2 + 2 = 4$$

$$EF_3 = ES_3 + D_3 = 4 + 2 = 6$$

$$EF_4 = ES_4 + D_4 = 2 + 3 = 5$$

...

3. 网络计划的计算工期

网络计划的计算工期 T_c 按公式(3-29)计算。

由此得到

$$T_c = EF_9 = 12$$

4. 网络计划计划工期的确定

由于本计划没有要求工期,故

$$T_p = T_c = 12$$

5. 相邻两项工作之间时间间隔的计算

相邻两项工作的时间间隔,是后项工作的最早开始时间与前项工作的最早完成时间的差值,它表示相邻两项工作之间有一段时间间隔,相邻两项工作 i 与 j 之间的时间间隔 $LAG_{i,j}$ 按公式(3-30)计算。

因此可得到

$$T_{1,2}^{LAG} = ES_2 - EF_1 = 2 - 2 = 0$$

$$T_{3,6}^{LAG} = ES_6 - EF_3 = 8 - 6 = 2$$

$$T_{8,9}^{LAG} = ES_9 - EF_8 = 11 - 9 = 2$$

...

6. 工作总时差的计算

每项工作的总时差,是该项工作在不影响计划工期前提下所具有的机动时间。它的计算应从网络图的终点节点开始,逆着箭线方向依次计算。终点节点所代表的工作的总时差 TF_n 值,由于本例没有给出规定工期,故应为 0,即

$$TF_n = 0$$

故

$$TF_9 = 0$$

其它工作的总时差 TF_i 可按公式(3-32)计算。

当已知各项工作的最迟完成时间 LF_i 或最迟开始时间 LS_i 时,工作的总时差 TF_i 也可按公式(3-33)或公式(3-34)计算。

按公式(3-32)计算的结果是

$$TF_8 = LAG_{8,9} + TF_9 = 2 + 0 = 2$$

$$TF_7 = LAG_{7,8} + TF_8 = 2 + 2 = 4$$

$$TF_6 = LAG_{6,9} + TF_9 = 0 + 0 = 0$$

$$TF_5 = \min\{LAG_{5,6} + TF_6, LAG_{5,8} + TF_8\} = \min\{0 + 0, 0 + 0\} = 0$$

$$TF_4 = \min\{LAG_{4,5} + TF_5, LAG_{4,7} + TF_7\} = \min\{0 + 0, 0 + 0\} = 0$$

$$TF_3 = LAG_{3,6} + F_6 = 2 + 0 = 2$$

$$TF_2 = \min\{LAG_{2,3} + TF_3, LAG_{2,5} + TF_5\} = \min\{0 + 2, 1 + 0\} = 1$$

$$TF_1 = \min\{LAG_{1,2} + TF_2, LAG_{1,4} + TF_4\} = \min\{0 + 1, 0 + 0\} = 0$$

7. 工作自由时差的计算

工作 i 的自由时差 FF_i 可按式(3-35)、式(3-36)或式(3-37)计算。

由式(3-35)可算得

$$FF_9 = 0$$

$$FF_8 = LAG_{8,9} = 2$$

$$FF_7 = LAG_{7,8} = 2$$

$$FF_6 = LAG_{6,9} = 0$$

$$FF_5 = \min\{LAG_{5,6}, LAG_{5,8}\} = \min\{0, 0\} = 0$$

$$FF_4 = \min\{LAG_{4,5}, LAG_{4,7}\} = \min\{0, 0\} = 0$$

$$FF_3 = LAG_{3,6} = 2$$

$$FF_2 = \min\{LAG_{2,3}, LAG_{2,5}\} = \min\{0, 1\} = 0$$

$$FF_1 = \min\{LAG_{1,2}, LAG_{1,4}\} = \min\{0, 0\} = 0$$

8. 工作最迟完成时间的计算

工作 i 的最迟完成时间 LF_i 应从网络图的终点节点开始,逆着箭线方向依次逐项计算。

终点节点 n 所代表的工作的最迟完成时间 LF ,应按公式(3-38)计算:

$$LF_9 = T_p = 12$$

其它工作 i 的最迟完成时间 LF_i 按公式(3-39)计算。

由此得到

$$LF_8 = LF_9 - D_9 = 12 - 1 = 11$$

$$LF_7 = LF_8 - D_8 = 11 - 1 = 10$$

$$LF_6 = LF_9 - D_9 = 12 - 1 = 11$$

$$LF_5 = \min\{LF_6 - D_6, LF_8 - D_8\} = \min\{11 - 3, 11 - 1\} = 8$$

$$LF_4 = \min\{LF_5 - D_5, LF_7 - D_7\} = \min\{8 - 3, 10 - 1\} = 5$$

...

9. 工作最迟开始时间的计算

工作 i 的最迟开始时间 LS_i 可按公式(3-40)进行计算。

因此可算得

$$LS_9 = LF_9 - D_9 = 12 - 1 = 11$$

$$LS_8 = LF_8 - D_8 = 11 - 1 = 10$$

$$LS_7 = LF_7 - D_7 = 10 - 1 = 9$$

$$LS_6 = LF_6 - D_6 = 11 - 3 = 8$$

四、关键工作和关键线路的确定

1. 关键工作的确定

网络计划中机动时间最少的工作称为关键工作,因此,网络计划中工作总时差最小的工作也就是关键工作。在计划工期等于计算工期时,总时差为零的工作就是关键工作。当计划工期小于计算工期时,关键工作的总时差为负值,说明应研究更多措施以缩短计算工期。当计划工期大于计算工期时,关键工作的总时差为正值,说明计划已留有余地,进度控制主动了。

2. 关键线路的确定

网络计划中自始至终全由关键工作组成的线路称为关键线路。在肯定型网络计划中是指线路上工作总持续时间最长的线路。关键线路在网络图中宜用粗线、双线或彩色线标注。

(1) 双代号网络计划关键线路的确定

从起点节点到终点节点观察,将关键工作连接起来形成的通路就是关键线路。图 3-22 的关键线路是 1—2—4—5—6—7—9—10,在图中已用粗线标出。

(2) 单代号网络计划关键线路的确定

将相邻两项关键工作之间的间隔时间为 0 的关键工作连接起来而形成的自起点节点到终点节点的通路就是关键线路。因此,图 3-26 的关键线路是 1—4—5—6—9。

五、网络计划时间参数的简化计算

网络计划的时间参数用上述公式计算十分繁琐,不便记忆并容易算错,特别是初学者。在实用中,可用以下的图上计算法和表上计算法两种简化方法进行计算。一般对于节点大于 100 点的网络计划及其优化和调整等应采用电算方法。

(一) 图上计算法

这是一种比较简便的方法,优点是直观、便于检查和校核,常为工程技术人员所采用。

1. 图上计算法图例说明

(1) 各工作的最早开始时间 ES 、最早完成时间 EF 和持续时间 D 按图 3-27 的位置及画法标在箭线的上方。

(2) 各工作的最迟开始时间 LS 、最迟完成时间 LF 和总时差 TF 按图 3-28 的位置及画法标在箭线的下方。

(3) 各节点的最早时间 ET 及节点最迟时间 LT 按图 3-29 的位置及画法标在各节点的上方。

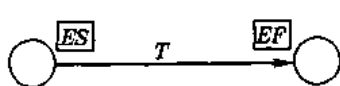


图 3-27 标在箭线上方的三项时间

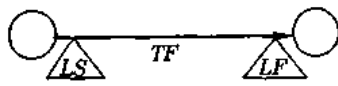


图 3-28 标在箭线下方的三项时间

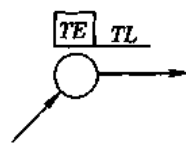


图 3-29 标在节点上方的两项时间

2. 计算步骤

例题 3-5 用图上计算法计算图 3-30 所示网络计划的以下时间参数： ES 、 EF 、 LS 、 LF 、 ET 。

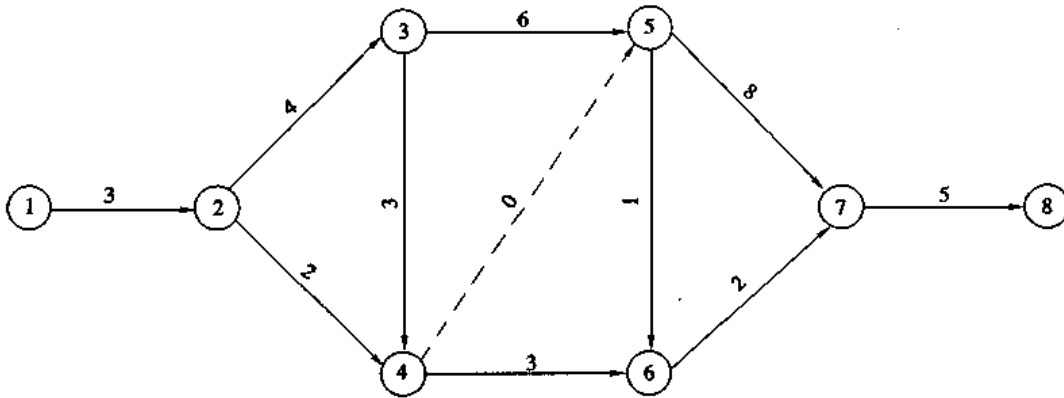


图 3-30 网络计划时间计算例题

解

(1) 计算各工作的最早开始时间 ES 及最早完成时间 EF

① 起始箭线 ①—② 的 $ES=0, D=3$, 由公式 (3-41)

$$EF = ES + D \quad (3-41)$$

得

$$EF = 0 + 3 = 3$$

将 ES 、 T 、 EF 的数值按图例标在 ①—② 箭线的上方, 其余活动的 EF 均按同理计算, 并将所得数值按同样的图例标在相应箭线的上方。

② 计算紧后工作的 ES 即紧前工作的 EF

例如节点 ③: 紧后工作 ③—⑤ 及 ③—④ 的 ES 即为其紧前工作 ②—③ 的 EF 。即 $ES_{3-5} = ES_{3-4} = EF_{2-3}$ 。

③ 当该节点有若干个紧前工作时, 则取各 EF 中的最大值, 即取 $\max EF$ 作为该节点所有紧后工作的 ES 。

例如节点 ④: 其紧前工作的 $EF_{2-4} = 5, EF_{3-4} = 10$, 则其紧后工作的 $ES_{4-5} = ES_{4-6} = \max[EF_{2-4}, EF_{3-4}] = \max[5, 10] = 10$ 。

依此类推, 该网络计划终点的 $EF = 26$ 天, 即该网络计划的总工期。

(2) 计算各工作的最迟开始时间 LS 及最迟完成时间 LF

① 工作的最迟时间是从网络图终点倒退计算。终点的 LF 就是网络计划的总工期, 在图 3-31 中为 26。也就是最后工作的 LF 。对最后的箭线来说 EF 与 LF 相同。从图 3-31 可以看出, 工作 ⑦—⑧ 的 $EF = LF = 26$ 。

② 算出工作的最迟完成时间 LF 后, 再按公式 (3-42) 计算出工作的最迟开始时间 LS 。

$$LS = LF - D \quad (3-42)$$

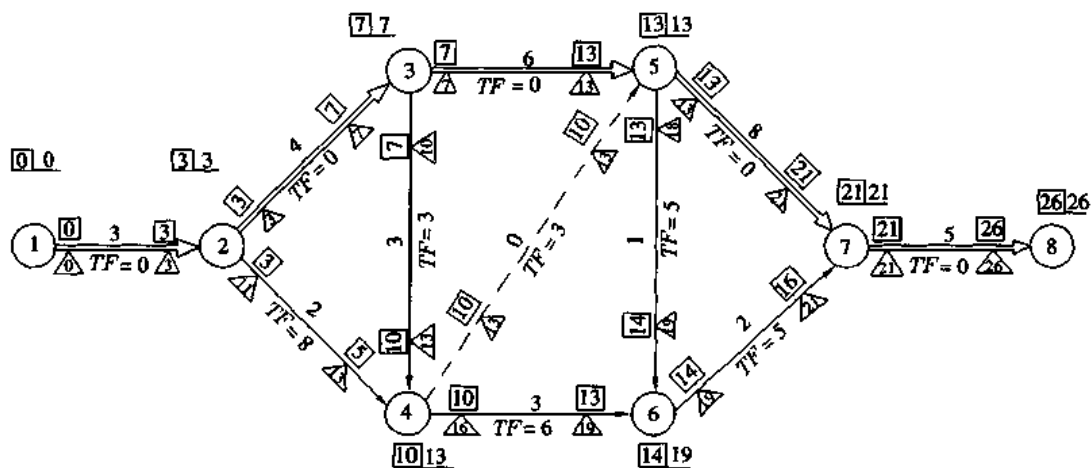


图 3-31 网络计划时间计算结果

如工作⑦—⑧的 $\triangle LS = 26 - 5 = 21$,

其余工作的 $\triangle LS$ 均按同理计算。

③紧前工作的最迟工作时间 $\triangle LF$, 即紧后工作的最迟开始时间 $\triangle LS$ 。

例如节点⑦: 其紧前工作⑤—⑦、⑥—⑦的 $\triangle LS$ 即为其紧后工作⑦—⑧的 $\triangle LS$ 。

$LF_{5-7} = LF_{6-7} = LS_{7-8} = 21$ 。

④当该节点有若干个紧后工作时, 则取各 $\triangle LS$ 中的最小值, 即取 $\min \triangle LS$ 作为该节点所有紧前工作的 $\triangle LF$ 。

例如节点⑤: 其紧后工作的 $LS_{5-7} = 13, LS_{5-6} = 18$, 则其紧前工作的 $LF_{3-5} = LF_{4-5} = \min[LS_{5-7}, LS_{5-6}] = \min[13, 18] = 13$ 。

按以上方法依次算出各箭线的 $\triangle LS$ 和 $\triangle LF$, 将所得数值按图例标在相应箭线的下方。

(3) 计算各节点的最早时间 ET 及最迟时间 LT

本节点的 ET 等于紧后工作的 ES 。

例如节点④: $ET_4 = ES_{4-5} = ES_{4-6} = 10$ 。

本节点的 LT 等于紧前工作的 LF 。

例如节点④: $LT_4 = LF_{3-4} = LF_{2-4} = 13$ 。

各节点的 ET 及 LT 均按同理计算, 将算出的各数值按图例标注。

(4) 计算总时差 TF

各工作之间的总时差按公式(3-43)计算。

$$TF = LS - ES = LF - EF \quad (3-43)$$

例如工作④—⑥的 $TF = 16 - 10 = 6$ 或 $= 19 - 13 = 6$ 。

总时差为零的工作相连即关键线路。在图 3-31 中用双线表示。将算出的各总时差, 按图例标在相应箭线的下方。

(二) 计算自由时差

自由时差与关键线路、非关键线路及总时差关系密切。关键线路即网络计划中时间最

长的线路,其持续时间之和用(D_{CD})表示。其余任一路线上的持续时间之和(D_n)均比关键线路的小。两者之间的差数为 $F(D_n)$ 。

$$F(D_n) = D_{CD} - D_n \quad (3-44)$$

这个差数 $F(D_n)$ 与非关键线路的总时差的关系,举例说明如下:

例如图 3-31 中关键线路持续时间之和 $D_{CD} = 26$ 天。其中某一非关键线路 n (指①—②—④—⑤—⑥—⑦—⑧)的持续时间之和 $D_n = 3 + 2 + 0 + 1 + 2 + 5 = 13$ 天。

两线路持续时间的差数 $F(D_n) = D_{CD} - D_n = 26 - 13 = 13$ 天。

实际上 n 路线中各工作的总时差之和为

$$\sum TF = 0 + 8 + 3 + 5 + 5 + 0 = 21 \text{ 天}$$

因此,得到 $\sum TF > F(D_n)$ 的现象。说明实际上非关键线路上的总机动时间不能完全按 $\sum TF$ 安排,而应控制在 $F(D_n)$ 时间之内,才能保证不致延长该网络计划的总工期。也就是说,非关键线路上的总时差是相互联系的,如果动用了前一工作的时差,往往会导致其余工作总时差的重新分配。例如非关键线路①—②—④—⑤—⑥—⑦—⑧的总时差之和为 $\sum TF = 21$ 天,但实际上最多只能动用 13 天的总时差。

因此,可得出这样的结论:一个工作的总时差 (TF) 是在不延长该网络计划总工期的前提下,该工作允许延缓的机动时间,并受到差距 $F(D_n)$ 的限制。

自由时差 (FF) 是指在此时差范围内,如变动工作开始时间或增加工作的持续时间,不致影响以下其它任何工作的最早开始时间。

某工作的自由时差 (FF_{ij}) 等于其紧后工作的最早开始时间 (ES_{jk}) 减去本工作的最早结束时间 (EF_{ij})。即

$$FF_{ij} = ES_{jk} - EF_{ij} \quad (3-45)$$

例如工作④—⑥的 $FF_{4-6} = 14 - 13 = 1$ 。

在关键线路上的总时差 TF 及自由时差 FF 均等于零,而在非关键线路上各工作的总时差 $TF \geq$ 自由时差 FF 。例如工作④—⑥的 $FF_{4-6} = 1$, 而 $TF_{4-6} = 6$ 。某非关键线路的自由时差之和 $\sum FF$ 不会超过关键线路与此非关键线路间持续时间的差数 $F(D_n)$ 。

(三) 表上计算法

当网络计划的工作较多时,用表上计算法比较简单。现仍用上例的网络计划来说明,见表 3-4 所示。

1. 计算各工作的 ES 、 EF 是从网络计划的开始节点顺次序计算到结束节点

(1) 当只有一个紧前工作的情况下,如何计算各活动的 ES 、 EF ?

见表 3-4:

工作①—②的 $ES_{1-2} = 0, D_{1-2} = 3$, 故 $EF_{1-2} = 0 + 3 = 3$ 。

工作②—③的紧前工作只有①—②一个,因此 $ES_{2-3} = EF_{1-2} = 3$ 。

工作②—③的 $D_{2-3} = 4$, 故 $EF_{2-3} = 3 + 4 = 7$ 。

同理,工作②—④的 $ES_{2-4} = EF_{1-2} = 3, D_{2-4} = 2$, 故 $EF_{2-4} = 3 + 2 = 5$ 。

由此可见,当只有一个紧前工作的情况下,其紧后工作的 ES 等于紧前工作的 EF , 加上紧后工作的 D , 即得紧后工作的 EF , 按此方法依次计算。

表 3-4 用表上计算法计算网络计划的时间示例

序号	工作号	持续时间 D	最早开始 时 间 ES	最早完成 时 间 EF	最迟开始 时 间 LS	最迟完成 时 间 LF	总时差 TF	自由时差按 公式(3-45) 计算 FF
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) $= (3) + (4)$	(6) $= (7) - (3)$	(7) $= (6) + (3)$	(8) $= (6) - (4)$ $= (7) - (5)$	(9)
1	①—②	3	0	3	0	3	0	0
2	②—③	4	3	7	3	7	0	0
3	②—④	2	3	5	11	13	8	5
4	③—④	3	7	10	10	13	3	0
5	③—⑤	6	7	13	7	13	0	0
6	④—⑤	0	10	10	13	13	3	3
7	④—⑥	3	10	13	16	19	6	1
8	⑤—⑥	1	13	14	18	19	5	0
9	⑤—⑦	8	13	21	13	21	0	0
10	⑥—⑦	2	14	16	19	21	5	0
11	⑦—⑧	5	21	26	21	26	0	0

(2)当紧前工作多于一个的情况下,如何计算各工作的 ES 、 EF ?

例如:工作④—⑤的紧前工作有②—④及③—④两个,则取两工作 EF 中的最大值为工作④—⑤的 ES ,即

$$ES_{4-5} = \max[EF_{2-4}, EF_{3-4}] = \max[5, 10] = 10$$

$$D_{4-5} = 0, \text{故 } EF_{4-5} = 10 + 0 = 10$$

$$\text{同理 } ES_{4-5} = \max[EF_{2-4}, EF_{3-4}] = \max[5, 10] = 10$$

$$D_{4-6} = 3, \text{故 } EF_{4-6} = 10 + 3 = 13$$

由此可知,当紧前工作多于1个时,取各 EF 中的最大值作为紧后工作的 ES 。加上紧后工作的 D ,即得紧后工作的 EF 。按此方法依次计算。

2. 计算各工作的 LF 、 LS

计算各工作的 LF 及 LS 是从网络计划的结束节点起,自后向前逐个倒退来计算。

(1)当只有一个紧后工作的情况下,紧前工作的 LF 等于紧后工作的 LS 。

例如:在表 3-4 中,网络终点工作⑦—⑧的 LF 即等于该网络计划的总工期,即

$$LF_{7-8} = 26, D_{7-8} = 5, \text{则 } LS_{7-8} = LF_{7-8} - D_{7-8} = 26 - 5 = 21$$

$$\text{⑦—⑧是⑥—⑦唯一的紧后工作,因此, } LS_{7-8} = LF_{6-7} = 21,$$

$$D_{6-7} = 2, \text{则 } LS_{6-7} = LF_{6-7} - D_{6-7} = 21 - 2 = 19。$$

同理

$$\text{⑦—⑧也是⑤—⑦唯一的紧后工作,因此, } LS_{7-8} = LF_{5-7} = 21, D_{5-7} = 8, \text{则 } LS_{5-7} = LF_{5-7} - D_{5-7} = 21 - 8 = 13。$$

当只有一个紧后工作的情况下,紧前工作的 LF 及 LS 按以上方法依次从后向前计算。

(2)当紧后工作多于一个时,紧前工作的 LF 等于各紧后工作 LS 中的最小值。

例如:④—⑤的紧后工作有⑤—⑥及⑤—⑦两个,因此 $LF_{4-5} = \min[LS_{5-6}, LS_{5-7}] = \min[18, 13] = 13, D_{4-5} = 0, LS_{4-5} = LF_{4-5} - D_{4-5} = 13 - 0 = 13$ 。

同理③—⑤的紧后工作也是⑤—⑥及⑤—⑦两个,因此, $LF_{3-5} = \min[LS_{5-6}, LS_{5-7}] = \min[18, 13] = 13, D_{3-5} = 6, LS_{3-5} = LF_{3-5} - D_{3-5} = 13 - 6 = 7$ 。

当紧后工作多于一个时,紧前工作的 LF 及 LS 按以上方法依次从后向前计算。

3. 计算总时差 TF

各工作的总时差,按表 3-4 中第(6)列 LS 值减去第(4)列 ES 值,或者由第(7)列 LF 值减去第(5)列 EF 值。

4. 计算自由时差 FF

各活动的自由时差,利用公式(3-45)计算。

TF 值与 FF 值均为零的工作相连,即关键路线,本例的关键路线是①—②—③—⑤—⑦—⑧。

第四节 绘制水平进度

根据网络计划的时间计算结果,即可绘制水平进度。按上例网络计划绘制的水平进度见图 3-32 所示。图中的虚线为总时差,从水平进度的非关键线路上可以很明显地看出利用总时差的余地。根据网络计划绘制的水平进度在控制施工进度中十分有效,它比较直观,因而受技术人员和工人的欢迎。目前,利用电算的功能,在算出网络计划的时间参数以后,即可打印或绘制出该网络计划的水平进度。

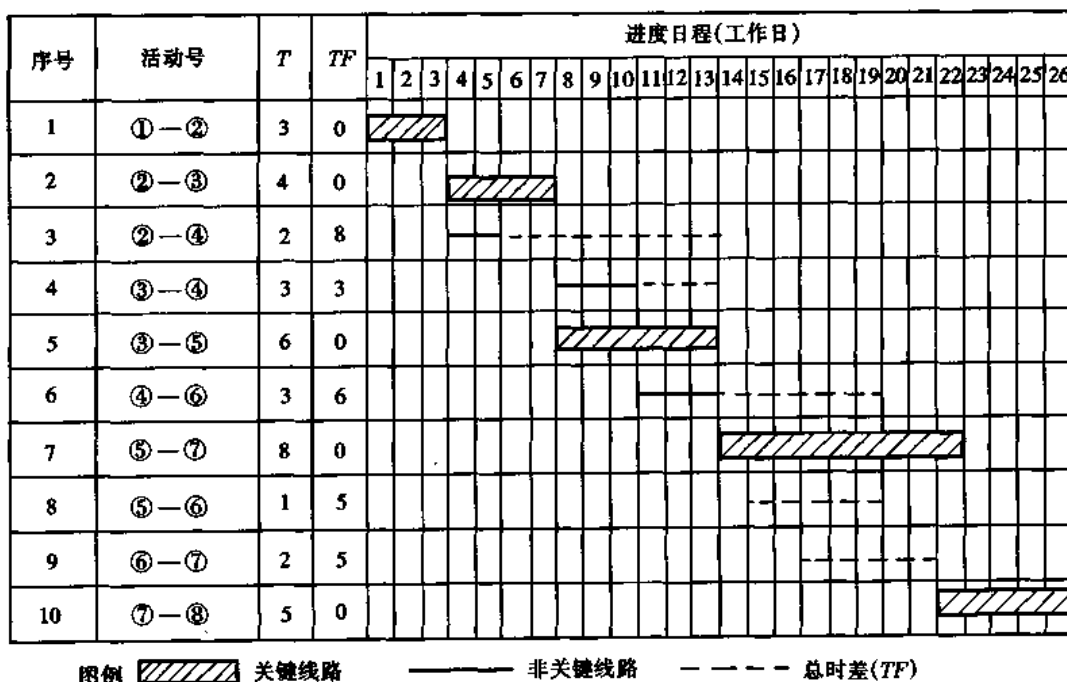


图 3-32 根据图 3-31 网络计划绘制的水平进度示例

第五节 其它网络计划

一、搭接网络计划

搭接网络计划的特点是:相邻活动之间能表达多种搭接关系,用单代号网络计划形式表示。在德国和欧洲使用较多的梅特拉位势法(Metra potential method简称MPM)和组合网络计划(Baukasten netzplan简称BKN)等均属搭接网络计划范畴,其基本原理是相似的。

(一)搭接关系

搭接网络计划中相邻工作的连接关系有以下几种(见图3-33):

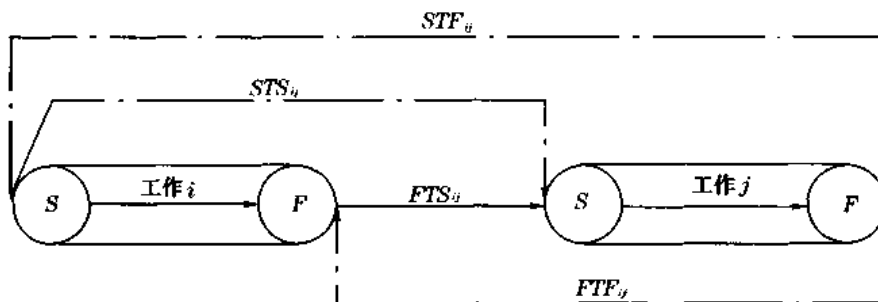


图3-33 搭接网络计划中相邻工作的连接关系

1. 开始到开始(Start to start——符号为 STS),即紧前工作 i 的开始时间 S 到紧后工作 j 的开始时间 S 的时距,用 STS_{ij} 来表示;
2. 开始到结束(Start to finish——符号为 STF),即紧前工作 i 的开始时间 S 到紧后工作 j 的结束时间 F 的时距,用 STF_{ij} 来表示;
3. 结束到结束(Finish to finish——符号为 FTF),即紧前工作 i 的结束时间 F 到紧后工作 j 的结束时间 F 的时距,用 FTF_{ij} 来表示;
4. 结束到开始(Finish to start——符号为 FTS),即紧前工作 i 的结束时间 F 到紧后工作 j 的开始时间 S 的时距,用 FTS_{ij} 来表示;
5. 既有开始到开始,又有结束到结束(STS 与 FTF 并存),即紧前工作 i 与紧后工作 j 之间的时距,用 STS_{ij} 及 FTF_{ij} 双控表示。
6. 既有开始到结束,又有结束到开始(STF 与 FTS 并存),即紧前工作 i 与紧后工作 j 之间的时距,用 STF_{ij} 及 FTS_{ij} 双控表示。

在一般网络计划中,相邻工作之间的连接关系仅是衔接关系,即 FTS 时距。在关键线路上,则 FTS_{ij} 均等于零;在非关键线路上的时距 FTS_{ij} 由相应的时差 TF 来决定。

由此可见,搭接网络可更有效地满足制定计划工作的各种限制条件,这是一般网络计划所难以达到的。

例如,在工程中常遇到的前后工作搭接施工,见图3-34a所示,有 A 、 B 、 C 、 D 四个工作,每个工作的持续时间均为9天,每相隔流水步距 $K=3$ 天相继进入施工。如用一般双代号网络来表示,则必须将工作 A 、 B 、 C 各划分成两个施工段,才能表达(见图3-34b,c)。

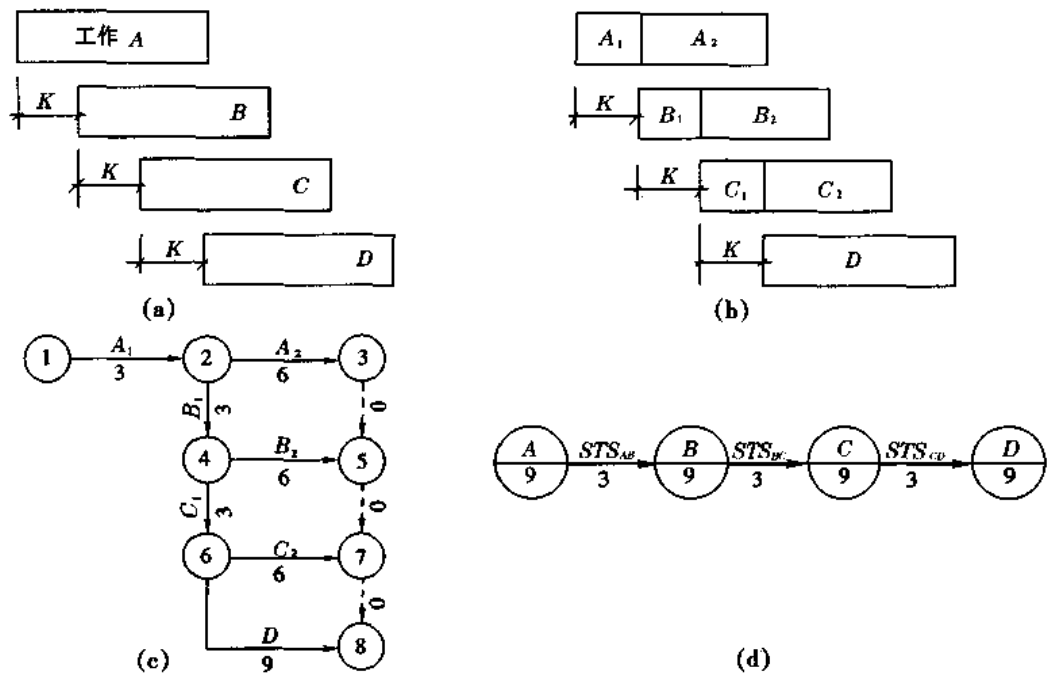


图 3-34 用双代号网络和搭接网络计划表示 A、B、C、D 四个施工过程搭接的流水作业
 (a) A、B、C、D 四个施工过程进行流水作业的示意图;
 (b) 首先将 A、B、C 三个施工过程各划分成两个施工段(A₁、A₂; B₁、B₂; C₁、C₂);
 (c) 用双代号网络计划来表示的形式;(d) 用搭接网络计划来表示的形式

如果用搭接网络计划来表示,就十分简单,见图 3-34d。

(二) 时间计算

搭接网络计划中,相邻两个工作的表示方式见图 3-35 所示。箭线上下表明各种搭接关系及时距,节点内字母表示工作编号及持续时间,每个工作节点的四角分别标出各时间参数(ES、EF、LS、LF 等)。



图 3-35 搭接网络计划相邻,两个工作的表示方式

搭接网络计划的时间参数是根据不同搭接关系的时距,按矢量时间间隔的几何关系,列式计算,归纳在表 3-5 中。

(三) 搭接网络计划示例

例题 3-6 某五层楼居住建筑的装饰工程,共有以下五个施工过程及其在每层的持续时间,见表 3-6,试绘制搭接网络计划图。

表 3-5 搭接网络计划中相邻工作连接关系的时间参数计算公式汇总表

序号	相邻两工作的连接关系	搭接网络的示意图形式表示	搭接网络计划表示形式	计算公式	公式编号
1	开始到开始 STS		$ES_j = ES_i + STS_{ij}$ $LS_j = LS_i - STS_{ij}$	$ES_j = ES_i + STS_{ij}$ (3-46) $LS_j = LS_i - STS_{ij}$ (3-47)	
2	开始到结束 STF		$EF_j = ES_i + STF_{ij}$ $LS_j = LF_j - STF_{ij}$	$EF_j = ES_i + STF_{ij}$ (3-48) $LS_j = LF_j - STF_{ij}$ (3-49)	
3	结束到结束 FTF		$EF_j = EF_i + FTF_{ij}$ $LF_i = LF_j - FTF_{ij}$	$EF_j = EF_i + FTF_{ij}$ (3-50) $LF_i = LF_j - FTF_{ij}$ (3-51)	
4	结束到开始 FTS		$ES_j = EF_i + FTS_{ij}$ $LF_i = LS_j - FTS_{ij}$	$ES_j = EF_i + FTS_{ij}$ (3-52) $LF_i = LS_j - FTS_{ij}$ (3-53)	
5	既有 STS, 又有 FTF		$ES_j = ES_i + STS_{ij}$ $LS_j = LS_i - STS_{ij}$ $EF_j = EF_i + FTF_{ij}$ $LF_i = LF_j - FTF_{ij}$	$ES_j = ES_i + STS_{ij}$ (3-46) $LS_j = LS_i - STS_{ij}$ (3-47) $EF_j = EF_i + FTF_{ij}$ (3-50) $LF_i = LF_j - FTF_{ij}$ (3-51)	
6	既有 STF, 又有 FTS		$EF_j = ES_i + STF_{ij}$ $LS_i = LF_j - STF_{ij}$ $ES_j = EF_i + FTS_{ij}$ $LF_i = LS_j - FTS_{ij}$	$EF_j = ES_i + STF_{ij}$ (3-48) $LS_i = LF_j - STF_{ij}$ (3-49) $ES_j = EF_i + FTS_{ij}$ (3-52) $LF_i = LS_j - FTS_{ij}$ (3-53)	

表 3-6 例题 3-5 各施工过程的持续时间

序号	施工过程名称	每层持续时间 /天
1	楼地面抹灰	1
2	楼地面养护	3
3	室内粉刷	2
4	安装门窗扇	2
5	门窗油漆和玻璃	2

解 根据上述条件所绘制的搭接网络计划见图 3-36 所示。



图 3-36 某五层楼宿舍装饰工程的搭接网络计划

(四) 搭接网络计划的时间参数计算示例

通过本例题说明搭接网络的时间参数计算。

例题 3-7 试根据图 3-37 所示的搭接网络计划, 计算其时间参数。

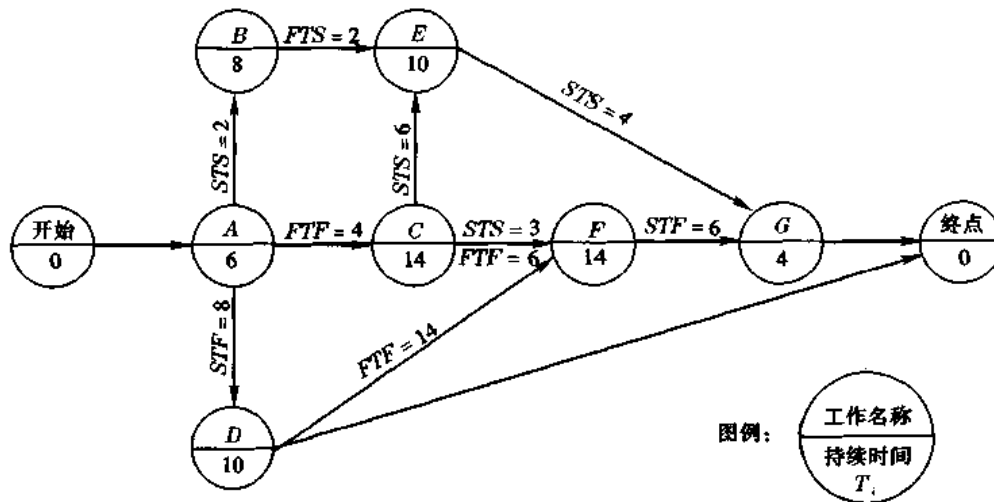


图 3-37 搭接网络计划示例

解

1. 计算各工作的最早开始时间 ES 及最早结束时间 EF

从开始点起, 按表 3-5 的连接关系和相应计算公式, 从左至右计算各工作的 ES 和 EF , 将计算结果填在图 3-38 各节点的上部, 如图例。计算顺序及算式见表 3-7。

表 3-7 搭接网络计划 ES 、 EF 时间参数计算表

序号	工作号	相邻活动时距及其类型	持续时间 D_i	时间计算	计算公式号	最终更改后的时间	说明
1	A	0	6	$ES_A = 0$ $EF_A = ES_A + D_A$ $= 0 + 6 = 6$		0 6	因与开始点相连接, 故 $ES_A = 0$
2	B	$STS_{AB} = 2$	8	$ES_B = ES_A + STS_{AB}$ $= 0 + 2 = 2$ $EF_B = ES_B + D_B$ $= 2 + 8 = 10$	(3-46)	2 10	根据公式(3-46) STS 时距计算
3	C	$FTF_{AC} = 4$	4	$EF_C = EF_A + FTF_{AC}$ $= 6 + 4 = 10$ $ES_C = EF_C - D_C$ $= 10 - 4 = 6$	(3-50)	14 0	遇到 ES_i 为负值时, 说明该工作在工程开始前已开始工作, 显然是不合理的。此时应将该工作与开始点用虚箭线相连(见图 3-38), 即该工作的最早开始时间为零, 即 $ES_C = 0$, 该工作的最早结束时间 $EF_C = ES_C + D_C = 0 + 4 = 4$ 。故在最终更改后的时间栏内更改为 $ES_C = 0, EF_C = 4$

续表 3-7

序号	工作号	相邻活动时距及其类型	持续时间 D_i	时间计算	计算公式号	最终更改后的时间	说明
4	D	$STF_{AD}=8$	10	$EF_D = ES_A + STF_{AD}$ $= 0 + 8 = 8$	(3-48)	10	同理, ES_D 为负值, 故工作 D 与开始点用虚箭线相连(见图 3-38)。更改后的时间为: $ES_D = 0$; $EF_D = ES_D + D_D = 0 + 10 = 10$
				$ES_D = EF_D - D_D$ $= 8 - 10 = -2$		0	
5	E	$FTS_{BE}=2$	10	$ES_E = EF_B + FTS_{BE}$ $= 10 + 2 = 12$	(3-52)	12	由于 E 的紧前工作有 B 及 C 两个, 分别计算出 ES_E 后, 取其最大值, 即 $ES_E = \max[12, 6] = 12$; 故 $EF_E = 12 + 10 = 22$
				$EF_E = ES_E + D_E$ $= 12 + 10 = 22$		22	
		$STS_{CE}=6$	10	$ES_E = ES_C + STS_{CE}$ $= 0 + 6 = 6$	(3-46)	-	
				$EF_E = ES_E + D_E$ $= 6 + 10 = 16$		-	
6	F	$STS_{CF}=3$	14	$ES_F = ES_C + STS_{CF}$ $= 0 + 3 = 3$	(3-46)	-	由于 F 的紧前工作有 C 及 D 两个, 连接时距有 STS_{CF} 、 FTF_{CF} 、 FTF_{DF} 三种类型, 故分别算出相应的 ES_F 值, 取其最大者, 再计算 EF_F $ES_F = \max[3, 6, 10] = 10$ $EF_F = 10 + 14 = 24$
				$FTF_{CF}=6$		14	
		$ES_F = EF_F - D_F$ $= 20 - 14 = 6$	-				
		$FTF_{DF}=14$	14	$EF_G = ES_F + STF_{FG}$ $= 10 + 14 = 24$	(3-50)	-	
				$ES_F = EF_F - D_F$ $= 24 - 14 = 10$		-	
综合	14	$ES_F = \max[3, 6, 10]$ $= 10$ $EF_F = ES_F + D_F$ $= 10 + 14 = 24$		10 24			
7	G	$STF_{FG}=6$	4	$EF_G = ES_F + STF_{FG}$ $= 10 + 6 = 16$	(3-48)	-	由于 G 的紧前工作有 E 及 F, 故分别根据其时距算出 ES_G 后, 取其最大值
				$ES_G = EF_G - D_G$ $= 16 - 4 = 12$		-	
		$STS_{EG}=4$	4	$ES_G = ES_E + STS_{EG}$ $= 12 + 4 = 16$	(3-46)	-	
				$EF_G = ES_G + D_G$ $= 16 + 4 = 20$		-	
综合		$ES_G = \max[12, 16]$ $= 16$ $EF_G = ES_G + D_G$ $= 16 + 4 = 20$		16 20			

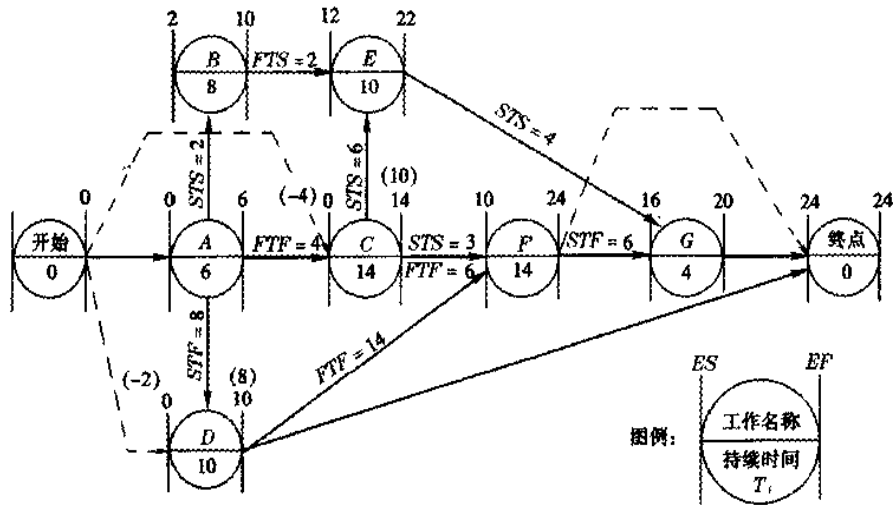


图 3-38 搭接网络计划 ES 与 EF 的时间计算结果

根据图 3-37 的终点有 GD 两个工作, $EF_G = 20$, $EF_D = 10$, 工作 F 的 $EF_F = 24$, 故必须将 F 点与终点用虚箭头连接。故终点的 $ES_{终} = EF_{终} = EF_F = 24$ 。

2. 计算搭接网络计划各活动的最迟开始时间 LS 及最迟结束时间 LF

从搭接网络计划的结束点, 逆箭头倒退计算, 以网络计划总工期即等于结束点的最迟结束时间 ($LF_{结束}$), 作为计算的基时, 计算过程见表 3-8 所示。计算结果见图 3-39。

表 3-8 搭接网络计划 (LS, LF) 时间参数计算表

序号	工作号	相邻工作 时距及其 类型	持续 时间 D_i	时 间 计 算	计 算 公 式 号	最终更改 后的时间	说 明
1	G		4	$LF_F = LF_D = LF_G$ $= LF_{结束} = 24$		24	先计算结束点紧前工作的最迟时间
				$LS_F = LF_F - D_F$ $= 24 - 14 = 10$ $LS_G = LF_G - D_G$ $= 24 - 4 = 20$		20	凡与结束点相连接的工作, 其最迟完成时间 (LF_i), 即为结束点的完成时间: $LF_D = LF_F = LF_G = LF_{结束} = 24$
2	E	$STS_{EG} = 4$	4	$LS_E = LS_G - STS_{EG}$ $= 20 - 4 = 16$	(3-47)		工作 E 的最迟完成时间 $LF_E = 26 > LF_{结束} = 24$, 即前导工作的最迟结束时间 (LF_i) 大于工程的总工期, 这是不合理的。此时应将工作 E 用虚箭头与结束点连接, 使工作 E 的最迟时间应受 G 及结束点的双重约束。故 $LF_E = 24$, $LS_E = LF_E - D_E = 24 - 10 = 14$
				$LF_E = LS_E + D_E$ $= 16 + 10 = 26$			
				$LF_E = 24$		24	
				$LS_E = LF_E - D_E$ $= 24 - 10$ $= 14$		14	

续表 3-8

序号	工作号	相邻工作时距及其类型	持续时间 D_i	时间计算	计算公式号	最终更改后的时间	说明
3	F	$STF_{FG} = 6$	14	$LS_F = LF_G - STF_{FG}$ $= 24 - 16 = 18$	(3-49)	24	由于工作 F 有两种连接关系,即终点与工作 G。与终点连接所计算的 $LF_F = 24$,与 G 连接所计算的 $LF_F = 32$,取其最小值,即 $LF_F = \min[24, 32] = 24$,相应的 $LS_F = 24 - 14 = 10$
				$LF_F = LS_F + D_F$ $= 18 + 14 = 32$			
				$LF_F = \min[24, 32]$ $= 24$			
				$LS_F = LF_F - D_F$ $= 24 - 14 = 10$			
4	D		10	$LF_D = 24$		10	由于 D 的紧后工作有终点和 F,故分别根据其时距算出 LF_D 后,取其最小者
				$LS_D = LF_D - D_D$ $= 24 - 10 = 14$			
				$LF_D = LF_F - FTF_{DF}$ $= 24 - 14 = 10$			
				$LS_D = LF_D - D_D$ $= 10 - 10 = 0$			
5	C	$STSC_F = 3$	14	$LS_C = LS_F - STSC_F$ $= 10 - 3 = 7$	(3-47)	4	由于工作 C 的紧后工作有 E、F 及三种连接关系 ($STSC_F$, $FTFC_F$, $STSC_E$),分别计算出 LS_C 后进行比较,取其最小值 $LS_C = 4$,然后计算 $LF_C = LS_C + D_C = 4 + 14 = 18$
				$LF_C = LF_F - FTFC_F$ $= 24 - 6 = 18$			
				$LS_C = LF_C - D_C$ $= 18 - 14 = 4$			
				$LS_C = \min[7, 4]$ $= 4$			
				$LS_C = LS_E - STSC_E$ $= 14 - 6 = 8$			
综合			14	$LS_C = \min[4, 8]$ $= 4$		18	
				$LF_C = LS_C + D_C$ $= 4 + 14 = 18$			
6	B	$FTS_{BE} = 2$	8	$LF_B = LS_E - FTS_{BE}$ $= 14 - 2 = 12$	(3-53)	12	
				$LS_B = LF_B - D_B$ $= 12 - 8 = 4$			

续表 3-8

序号	工作号	相邻工作时距及其类型	持续时间 D_i	时间计算	计算公式号	最终更改后的时间	说明	
7	A	$STS_{AB}=2$	6	$LS_A = LS_B - STS_{AB}$ $= 4 - 2 = 2$	(3-47)		由于工作 A 有三个紧后工作及三个连接时距, 分别计算出 LS_A 后取其最小者	
				$LF_A = LS_A + D_A$ $= 2 + 6 = 8$				
		$FTF_{AC}=4$	6	$LF_A = LF_C - FTF_{AC}$ $= 18 - 4 = 14$	(3-51)			
				$LS_A = LF_A - D_A$ $= 14 - 6 = 8$				
$STF_{AD}=8$	6	$LS_A = LF_D - STF_{AD}$ $= 24 - 8 = 16$	(3-49)					
		$LF_A = LS_A + D_A$ $= 16 + 6 = 22$						
综合		$LS_A = \min[2, 8, 16]$ $= 2$				2		
				$LF_A = LS_A + D_A$ $= 2 + 6 = 8$			8	

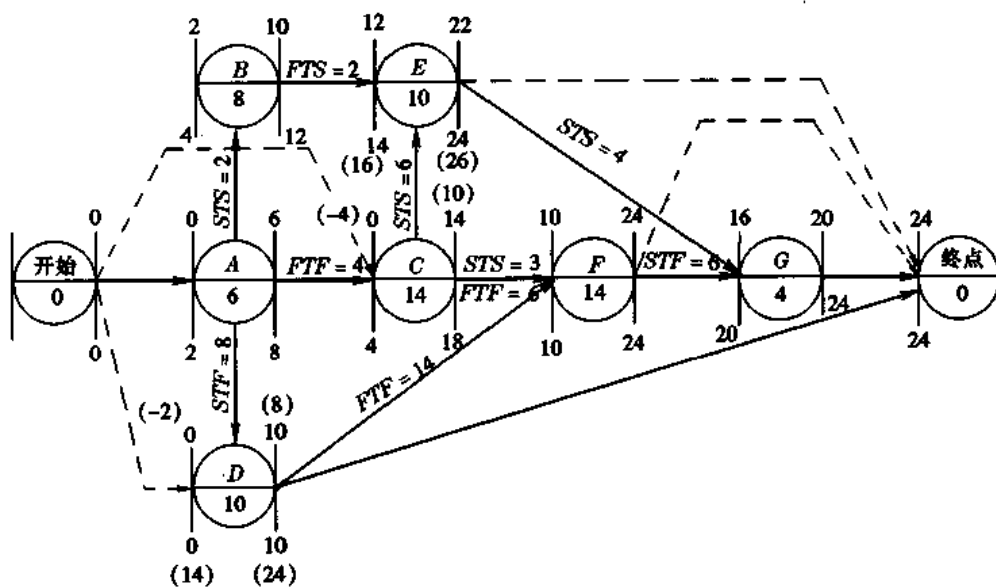


图 3-39 搭接网络计划 LS 与 LF 的时间计算结果示例

3. 时差计算与关键线路

(1) 搭接网络的总线路及线路时差

搭接网络计划的关键线路、非关键线路及时差, 与一般网络类同。由于搭接网络计划各相邻工作之间有多种连接关系, 也就是说, 各条路线上的总时间并非等于在该路线上各工作的持续时间之和, 而是分别由其连接时距来决定。

本例的搭接网络从开始点到结束点共 13 条线路,各条线路的总时间和该线路总时差见表 3-9 所示。每条线路是按计算最早时间的方法计算出该线路的总持续时间,即按各线路分别求出各节点的最早开始与最早结束时间,然后取其最早结束时间的最大值。

表 3-9 搭接网络计划各线路长度及总时差示例

序号	搭接网络计划中各线路的工作、连接时距及 EF_i	线路总长度 /天	该线路的 总时差
1	始(0) → A(6) STS=2 → B(8) FTS=2 → E(10) STS=4 → G(4) → 末(0)	22	24 - 22 = 2
2	始(0) → A(6) STS=2 → B(8) FTS=2 → E(10) → 末(0)	22	24 - 22 = 2
3	始(0) → C(14) STS=3 → F(14) FTF=6 → 末(0)	20	24 - 20 = 4
4	始(0) → A(6) FTF=4 → C(14) STS=6 → E(10) STS=4 → G(4) → 末(0)	16	24 - 16 = 8
5	始(0) → C(4) STS=6 → E(10) STS=4 → G(4) → 末(0)	16	24 - 16 = 8
6	始(0) → C(14) STS=3 → F(14) STF=6 → G(4) → 末(0)	20	24 - 20 = 4
7	始(0) → A(6) FTF=4 → C(14) STS=3 → F(10) FTF=6 → 末(0)	20	24 - 20 = 4
8	始(0) → A(6) FTF=4 → C(14) STS=3 → F(14) STF=6 → G(4) → 末(0)	20	24 - 20 = 4
9	始(0) → D(10) → 末(0)	10	24 - 10 = 14
10	始(0) → D(10) FTF=4 → F(14) STF=6 → G(4) → 末(0)	24	24 - 24 = 0
11	始(0) → D(10) FTF=14 → F(14) → 末(0)	24	24 - 24 = 0
12	始(0) → A(6) STF=8 → D(10) FTF=4 → F(14) → 末(0)	24	24 - 24 = 0
13	始(0) → A(6) STF=8 → D(10) FTF=4 → F(14) STF=6 → G(4) → 末(0)	24	24 - 24 = 0

(2)相邻工作的间隔时间(LAG_{ij})

在讨论搭接网络计划的时差之前,先引入“间隔时间”,它与时差和关键线路有密切关系。

在搭接网络计划的相邻两个工作之间,除了“时距”的约束以外,尚有“间隔时间”存在,以 LAG_{ij}表示。LAG_{ij}是根据不同搭接关系来计算,见表 3-10 所列。

表 3-10 搭接网络计划中 LAG_{ij}的计算

序号	相邻两工作的连接关系	相邻工作各种连接关系的 LAG 位置,以横道图形式表示	LAG 的计算公式	公式号
1	STS		$ES_j = ES_i + STS_{ij}$ 当 $ES_j > (ES_i + STS_{ij})$ 时,就存在 LAG _{ij} , 则	(3-46)
		$LAG_{ij} = ES_j - (ES_i + STS_{ij})$ $= ES_j - ES_i - STS_{ij}$	(3-54)	
2	STF		$EF_j = ES_j + STF_{ij}$ 当 $EF_j > (ES_i + STF_{ij})$ 时	(3-48)
		$LAG_{ij} = EF_j - (ES_i + STF_{ij})$ $= EF_j - ES_i - STF_{ij}$	(3-55)	
3	FTF		$EF_j = EF_i + FTF_{ij}$ 当 $EF_j > (EF_i + FTF_{ij})$ 时	(3-50)
		$LAG_{ij} = EF_j - (EF_i + FTF_{ij})$ $= EF_j - EF_i - FTF_{ij}$	(3-56)	
4	FTS		$ES_j = EF_i + FTS_{ij}$ 当 $ES_j > (EF_i + FTS_{ij})$ 时	(3-52)
		$LAG_{ij} = ES_j - (EF_i + FTS_{ij})$ $= ES_j - EF_i - FTS_{ij}$	(3-57)	
5	混合连接		$LAG_{ij} = \min \begin{cases} ES_j - ES_i - STS_{ij} \\ EF_j - ES_i - STF_{ij} \\ EF_j - EF_i - FTF_{ij} \\ ES_j - EF_i - FTS_{ij} \end{cases}$	(3-58)

根据搭接网络计划示例(图 3-39)中各工作的连接关系,计算 LAG_{ij} 见表 3-11 所列。

表 3-11 由图 3-39 各工作的连接关系计算 LAG_{ij}

序号	工作编号	LAG_{ij} 计算	公式号
1	起点—A 起点—C 起点—D	$LAG_{起A} = LAG_{起C} = LAG_{起D} = 0$ (系一般连接关系)	
2	A—B	$LAG_{AB} = ES_B - ES_A - STS_{AB} = 2 - 0 - 2 = 0$	(3-54)
3	A—D	$LAG_{AD} = EF_D - ES_A - STF_{AD} = 10 - 0 - 8 = 2$	(3-55)
4	A—C	$LAG_{AC} = EF_C - EF_A - FTF_{AC} = 14 - 6 - 4 = 4$	(3-56)
5	B—E	$LAG_{BE} = ES_E - EF_B - FTS_{BE} = 12 - 10 - 2 = 0$	(3-57)
6	D—F	$LAG_{DF} = EF_F - EF_D - FTF_{DF} = 24 - 10 - 14 = 0$	(3-56)
7	C—F	$LAG_{CF} = \min[ES_F - ES_C - STS_{CF}, EF_F - EF_C - FTF_{CF}]$ $= \min[10 - 0 - 3, 24 - 14 - 6]$ $= \min[7, 4] = 4$	(3-58)
8	C—E	$LAG_{CE} = ES_E - ES_C - STS_{CE} = 12 - 0 - 6 = 6$	(3-54)
9	E—G	$LAG_{EG} = ES_G - ES_E - STS_{EG} = 16 - 12 - 4 = 0$	(3-54)
10	F—G	$LAG_{FG} = EF_G - ES_F - STF_{FG} = 20 - 10 - 6 = 4$	(3-55)
11	E—终点	$LAG_{E终} = ES_{终} - EF_E = 24 - 22 = 2$	
12	G—终点	$LAG_{G终} = ES_{终} - EF_G = 24 - 20 = 4$	
13	F—终点	$LAG_{F终} = ES_{终} - EF_D = 24 - 24 = 0$	
14	D—终点	$LAG_{D终} = ES_{终} - EF_D = 24 - 10 = 14$	

该示例各工作的 LAG_{ij} 见图 3-40 所示。

(3) 工作的总时差与自由时差

搭接网络各工作的时差分总时差(TF_i)及自由时差(FE_i)两种。

① 工作的总时差

工作的总时差(TF_i)就是在总工期范围内,该工作可能利用的机动时间。按公式(3-59)计算:

$$TF_i = LS_i - ES_i = LF_i - EF_i \quad (3-59)$$

该示例各工作的总时差见图 3-40 所示。

② 工作的自由时差

工作的自由时差(FF_i),即在不影响所有紧后工作最早开始时间的条件下,该工作可能机动利用的最大时间间隔。

在搭接网络计划中,各工作的自由时差与相邻工作的时距及其连接关系如下:

当工作 i 只有一个紧后工作 j 时,则 FF_i 与 LAG_{ij} 相同。即

$$FF_i = LAG_{ij} \quad (3-60)$$

当工作 i 有两个以上的紧后工作时, 则取其最小的 LAG_{ij} 值, 即

$$FF_i = \min[LAG_{ij}] = \min[ES_j - ES_i - STS_{ij}, EF_j - ES_i - STF_{ij}, EF_j - EF_i - FTF_{ij}, ES_j - EF_i - FTS_{ij}] \quad (3-61)$$

该示例的 FF_i 、 TF_i 、 LAG_{ij} 见图 3-40 所示。

总时差 (TF_i) 为零的连接线路即关键线路。如图 3-40 中的关键线路为

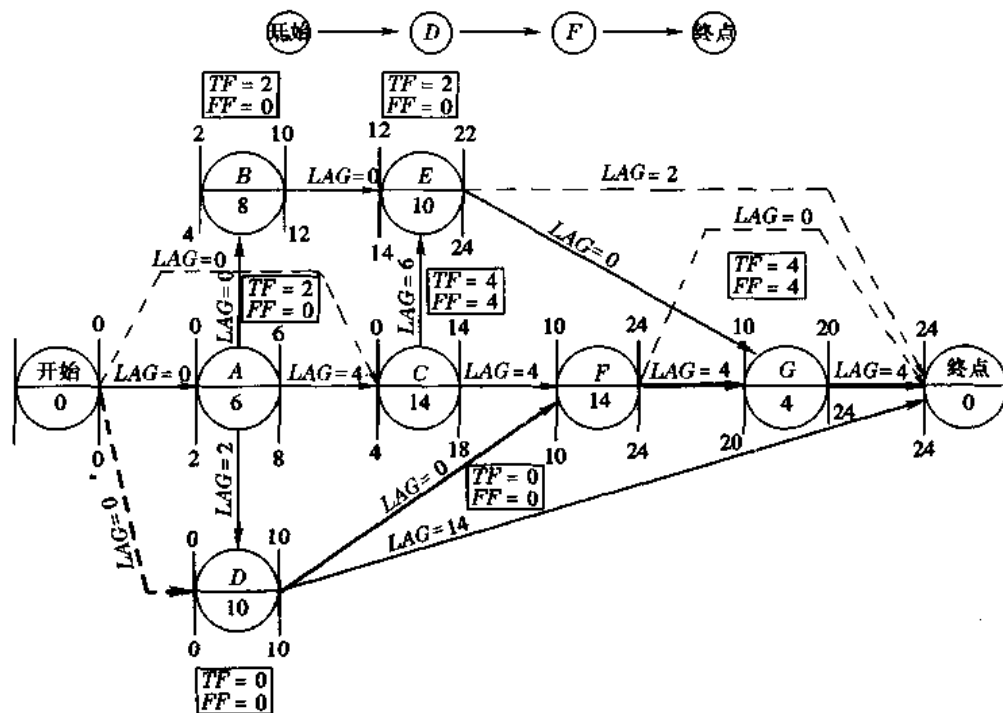


图 3-40 搭接网络计划 TF_i 、 FF_i 及 LAG_{ij} 计算示例

二、时标网络计划

(一) 时标网络计划的特点

时标网络计划是网络计划的另一种表示形式, 亦称带时间坐标的网络计划。在前述网络计划中, 箭线长短并不表明时间的长短; 而在时标网络计划中, 箭线长短和所在位置即表示工作的时间进程, 这是时标网络计划与一般网络计划的主要区别。

时标网络计划形同水平进度计划, 它是网络图与横道图的结合, 它表达清晰醒目, 编制亦方便, 在编制过程中就能看出前后各工作的逻辑关系。这是一种深受计划部门欢迎的形式。它有以下特点:

1. 时标网络计划既是一个网络计划, 又是一个水平进度计划, 它能标明计划的时间进程, 便于网络计划的使用。
2. 时标网络计划能在图上显示各项工作的开始与完成时间、时差和关键线路。
3. 时标网络计划便于在图上计算劳动力、材料等资源需用量, 并能在图上调整时差, 进行网络计划的时间和资源的优化。
4. 调整时标网络计划的工作较繁。对一般的网络计划, 若改变某一工作的持续时间, 只

需更动箭线上所标注的时间数字就行,十分简便。但是,时标网络计划是用箭线或线段的长短来表示每一工作的持续时间的,若改变时间就需改变箭线的长度和位置,这样往往会引起整个网络图的变动。

实践经验说明,时标网络计划对以下两种情况比较适用:

(1)编制工作项目较少并且工艺过程较简单的建筑施工计划。它能迅速地边绘、边算、边调整。对于工作项目较多,并且工艺复杂的工程仍以采用常用的网络计划为宜。

(2)将已编制并计算好的网络计划再复制成时标网络计划,以便在图上直接表示各工作的进程。目前我国已编出相应的程序,可应用电子计算机来完成这项工作,并已经用于生产实际。

(二)编制时标网络计划的规定

1.时标网络计划必须以时间坐标为尺度表示工作时间,时标的时间单位应根据需要在编制网络计划之前确定,可为时、天、周、旬、月或季。

2.时标网络计划应以实箭线表示工作,以虚箭线表示虚工作,以波形线表示工作的自由时差。

3.时标网络计划中所有符号在时间坐标上的水平位置及其水平投影,都必须与其所代表的时间值相对应。节点的中心必须对准时标的刻度线,虚工作必须以垂直虚箭线表示,有自由时差时加波形线表示。

4.时标网络计划宜按最早时间编制。编制时标网络计划之前,应先按已确定的时间单位绘出时标表。时标可标注在时标表的顶部或底部,并须注明时标的长度单位,必要时还可在顶部时标之上或底部时标之下加注日历的对应时间。为使图面清晰,时标表中部的刻度线宜为细线。

5.时标网络计划的编制应先绘制无时标网络计划草图,并可按以下两种方法之一进行。

(1)先计算网络计划的时间参数,再根据时间参数按草图在时标表上进行绘制;

(2)不计算网络计划的时间参数,直接按草图在时标表上编绘。

6.用先算后绘制的方法时,应先按每项工作的最早开始时间将其箭尾节点定位在时标表上,再用规定线型绘出工作及其自由时差,形成时标网络计划图。

7.不经计算直接按草图编绘时标网络计划,应按下列方法逐步进行:

(1)将起点节点定位在时标表的起始刻度线上;

(2)按工作持续时间在时标表上绘制起点节点的外向箭线;

(3)工作的箭头节点必须在其所有内向箭线绘出以后,定位在这些内向箭线中最晚完成的实箭线箭头处,某些内向实箭线长度不足以到达该箭头节点时,可用波形线补足;

(4)用上述方法自左至右依次确定其他节点位置,直至终点节点定位绘完。

(三)双代号时标网络计划的绘制

“双代号时标网络计划”,是在时间坐标上绘制的双代号网络计划,每项工作的时间长度(箭线长度)和每个节点的位置,都按时间坐标绘制。它既有网络计划的优点,又有横道计划的时间直观的优点,所以受到普遍重视和欢迎。但因为其箭线受时标约束,故绘图比较困难。对于工作项目少、工艺过程比较简单的进度计划,可以边绘、边算、边调整。对于大型的、复杂的工程计划可以先用时标网络计划的形式绘制各分部工程的网络计划,然后再综合起来绘制时标总网络计划;也可以先编制一个简明的时标总网络计划,再分别绘制分部工程

的执行时标网络计划。

现以图 3-41 为例说明双代号时标网络计划的绘图方法。绘成的时标网络计划见图 3-42。

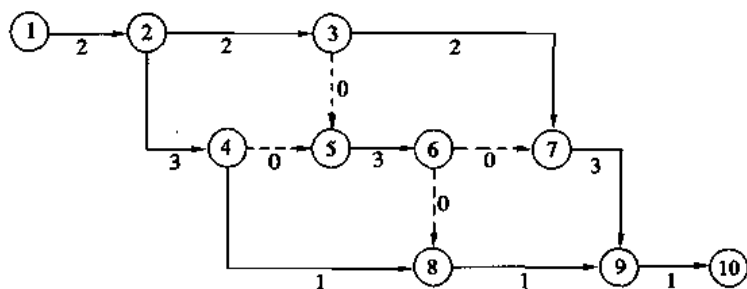


图 3-41 双代号网络计划

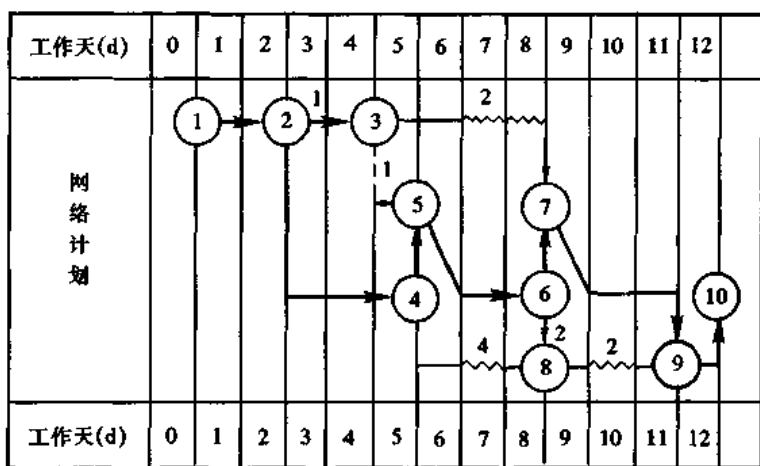


图 3-42 按图 3-41 网络计划绘制的双代号时标网络计划

1. 先算后绘法

用这种方法只需先计算网络计划的节点最早时间即可。因为节点的 earliest 时间是其诸紧后工作的最早开始时间,故可按计算的节点最早时间先在时标表上固定每个节点的位置。节点定位应参照网络计划的形状,其中心对准时间刻度线。节点全部定位后,再根据工作的持续时间绘制工作箭线,长度受时标限制。当某项工作的长度不能到达其结束节点时,补以波形线,便可形成完整的时标网络计划图。

2. 不经计算直接按网络计划绘图法

这种方法比较便捷。绘制的要点如下:

- (1) 将起点节点定位在时标表的起始刻度线上(即第一天开始点)。
- (2) 按工作持续时间在时标表上绘制起点节点的外向箭线,如图 3-42 中的 1-2 箭线。
- (3) 工作的箭头节点必须在其所有内向箭线绘出以后,定位在这些箭线中最晚完成的实箭线箭头处。如图 3-42 中的 3-5 和 4-5 的结束节点 5 定位在 4-5 的最早完成时间,工作 4-8 和 6-8 的结束节点 8 定位在 6-8 的最早完成时间等。
- (4) 某些内向箭线长度不足以到达该节点时,用波形线补足,这就是自由时差。图

4-1-2 图

3-42 中节点 7、8、9 之前都用波形线补足。

(5)用上述方法自左至右依次确定其它节点的位置,直至终点节点定位绘完。

需要注意的是,使用这一方法的关键是要把虚箭线处理好。首先要把它等同于实箭线看待,而其持续时间是零;其次,虽然它本身没有时间,但可能存在时差,故要按规定画好波形线,在画波形线时,其垂直部分仍应画虚线,箭头在波形线之末端或其后,存在有垂直虚箭线时在虚箭线的末端。

(四)时标网络计划关键线路和时间参数的确定

1. 时标网络计划关键线路的判定

时标网络计划的关键线路,应自终点节点逆箭头方向朝起点节点观察,凡自始至终不出现波形线的通路,就是关键线路。

判别是否关键线路,要看这条线路上的各项工作是否有总时差。这里是用有没有自由时差判断有没有总时差的。因为有自由时差的线路即有总时差,而自由时差集中在线路段的末端,既然末端不出现自由时差,那么这条线路段便不存在总时差,自始至终没有自由时差的线路,自然就不存在总时差,这条线路就必然是关键线路。图 3-42 的关键线路是“1—2—4—5—6—7—9—10”。

2. 时标网络计划计算工期的判定

时标网络计划的计算工期,应是其终点节点与起点节点所在位置的时标值之差。

3. 时标网络计划最早时间的判定

时标网络计划每条箭线的左端节点中心所对应的时标值代表工作的最早开始时间,箭线实线部分右端或当工作无自由时差时箭线右端节点中心所对应的时标值代表工作的最早完成时间。

4. 时标网络计划自由时差的判定

时标网络计划中的工作自由时差值等于其波形线在坐标轴上的水平投影长度。

理由是:每条波形线的末端,就是这条波形线所在工作的紧后工作的最早开始时间;波形线的起点,就是它所在工作的最早完成时间;波形线的水平投影就是这两个时间之差,也就是自由时差值。

5. 时标网络计划中工作总时差的判定

时标网络计划中,工作总时差不能直接观察,但利用可观察到的工作自由时差进行判定亦是比较简便的。

应自右向左,在其诸紧后工作的总时差被判定后,本工作的总时差才能判定。工作总时差之值,等于诸紧后工作总时差的最小值与本工作的自由时差值之和,即

$$TF_{i-j} = \min_k \{ TF_{j-k} \} + FF_{i-j} \quad (3-62)$$

式中 TF_{i-j} —— $i-j$ 工作的总时差;

TF_{j-k} —— $i-j$ 工作的紧后工作的总时差;

FF_{i-j} —— $i-j$ 工作的自由时差(波形线的水平投影)。

例如:图 3-42 中,关键工作 9-10 的总时差为 0,8-9 的自由时差是 2,故 8-9 的总时差就是 2,工作 4-8 的总时差就是其紧后工作 8-9 的总时差 2 与本工作的自由时差 2 之和,即总时差为 4。计算工作 2-3 的总时差,要在 3-7 与 3-5 的工作总时差 2 与 1 中挑选

一个小的1,本工作的自由时差为0,所以它的总时差就是1。判定后的总时差可以写在箭线的上部,见图3-42。

6. 时标网络计划中最迟时间的计算

有了工作总时差与最早时间,工作的最迟时间便可计算出来:

$$LS_{i-j} = ES_{i-j} + TF_{i-j} \quad (3-63)$$

$$LF_{i-j} = EF_{i-j} + TF_{i-j} \quad (3-64)$$

根据对图3-42的观察和前面的计算结果,便可列出表格,记录各时间参数,以便查用,见表3-12所示。

表3-12 图3-42的时间参数表

序号	$i-j$	D_{i-j}	ES_{i-j}	EF_{i-j}	LS_{i-j}	LF_{i-j}	TF_{i-j}	FF_{i-j}	关键工作
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	1-2	2	0	2	0	2	0	0	✓
2	2-3	2	2	4	3	5	1	0	
3	2-4	3	2	5	2	5	0	0	✓
4	3-5	0	4	4	5	5	1	1	
5	3-7	2	4	6	6	8	2	2	
6	4-5	0	5	5	5	5	0	0	✓
7	4-8	1	5	6	9	10	4	2	
8	5-6	3	5	8	5	8	0	0	✓
9	6-7	0	8	8	8	8	0	0	✓
10	6-8	0	8	8	10	10	2	0	
11	7-9	3	8	11	8	11	0	0	✓
12	8-9	1	8	9	10	11	2	2	
13	9-10	1	11	12	11	12	0	0	✓

(五) 双代号时标网络计划示例

图3-43所示的双代号网络计划,已分别计算出每个工作的最早开始时间 ES , 最迟开始时间 LS 及总时差 TF 、自由时差 FF 。

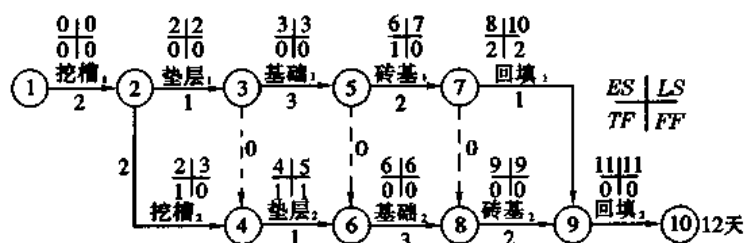


图3-43 双代号网络计划示例

图中各工作的下标数字(如 1,2)表示所在的施工段编号。例如挖槽₁表示第一施工段的挖槽工作,其余类同。

根据图 3-43 绘制的双代号时标网络计划见图 3-44。

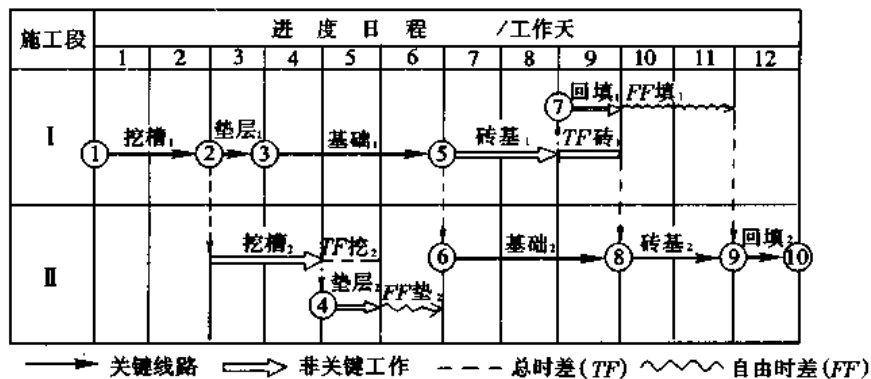


图 3-44 按最早开始时间绘制的时标网络计划

在双代号时标网络计划中,箭线沿水平方向画,其长短表示工作持续时间。用粗实线箭线表示关键工作,双实线(或细实线)箭线表示非关键工作,粗虚线表示总时差,波形线表示自由时差,垂直虚箭线表示工作之间的衔接关系。

双代号时标网络计划可按工作最早开始时间来绘制,也可按最迟开始时间来绘制。

按工作最早开始时间绘制时标网络计划的步骤如下:

(1)计算网络计划各工作的时间参数。

(2)在有横向时间坐标刻度的表格上,按每项工作的最早开始时间确定其节点位置,并按持续时间的长短画出箭线,例如图 3-43 所示的双代号网络计划,有挖槽、垫层、基础、砖基、回填土五项工作,可分别按其最早开始时间将其节点画在相应时间坐标位置上,如图 3-44 所示。以第一施工段的垫层₁工作为例,因其最早开始时间 $ES=2$,故其节点②画在时间坐标第 2 天末位置处。在定各节点位置时,一定要在所有内向箭线全画出以后才能最后确定该节点的位置。

(3)将不在同一水平位置而又有衔接关系的箭线用垂直细虚箭线加以连接,并用粗虚线绘出各工作的总时差。例如图 3-44 中各非关键工作(挖槽₂、垫层₂、砖基₁、回填₁)的总时差绘出后,分别在虚线上加以注明(如 TF_{2-4} ,即表明②→④工作的总时差)。从图中很明显地可看出,当先行工作的总时差使用后,则后续工作相继后移。其后移天数相当于先行工作使用的时差,例如图 3-44 中挖槽₂的一天时差使用后,则垫层₂相继后移一天,亦即占用垫层₂的时差(一天);当砖基₁使用一天时差后,回填₁因原有 2 天时差,仍可后移 1 天。但是,在非关键线路上的自由时差 FF ,是实际可使用的时差。

(4)检查全部水平箭线。无时差的箭线就是关键工作,应绘成粗箭线,形成关键线路,最后成图 3-44 形式。

图 3-45 是按最迟开始时间绘制的时标网络计划。绘制步骤方法与上述相同,仅各工作节点的位置是按最迟开始时间来确定。

(六)单代号时标网络计划的绘制

单代号时标网络计划的主要特点是各工作用单代号符号及其联系箭线绘制,其余均与

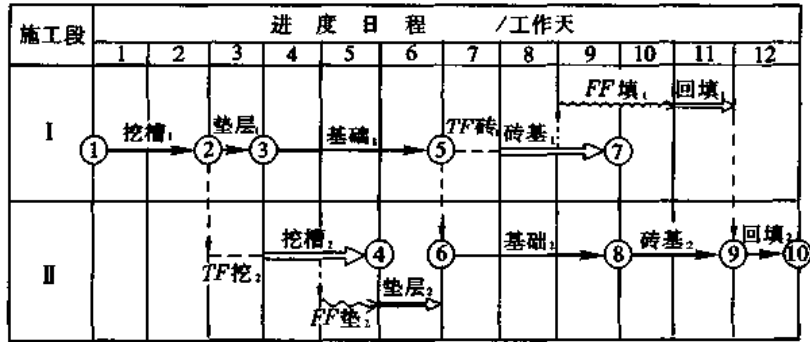


图 3-45 按最迟开始时间绘制的时标网络计划

双代号时标网络计划相同。

图 3-46 为用上例所编制的单代号时标网络计划。其各工作均按最早开始时间绘制。

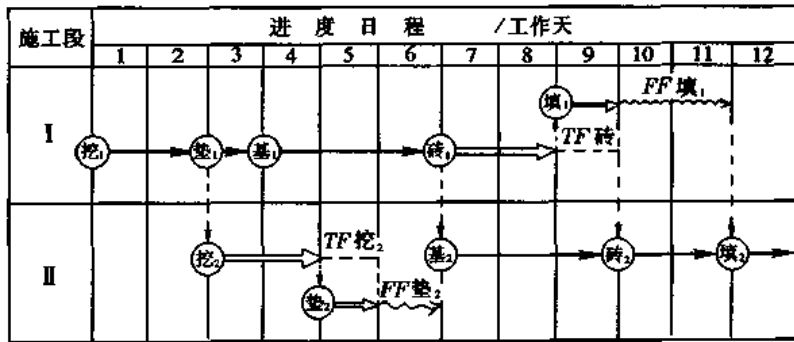


图 3-46 按最早开始时间编制的单代号时标网络计划

在节点中填写工作名称及其施工段编号(如挖槽₁、垫层₁等,图中简写挖₁、垫₁代替)。本来还可填入工作持续时间、资源量、时差,甚至还可填入最早开始时间及最迟开始时间等。但在时标网络计划中这些已在带时间坐标的水平箭线中表示,所以往往可以不必填入。

(七)利用时标网络计划计算资源需要量

按上述方法编制出时标网络计划以后,就可以通过逐天资源需要量叠加的方法,画出各种资源需要量的动态曲线,即可确定每天所需各种资源的数量(包括各工种工人、各种材料、各种设备及投资的数量),从而可计算出各资源总需要量计划。这项计算的工作量较大,可通过电子计算机来实现。

利用时标网络计划进行资源计算

可分别按最早开始时间和最迟开始时间绘制出不同的资源需要量曲线。现以图 3-47 所示的双代号网络计划为例,分别按最早开始时间和最迟开始时间绘制出其时标网络计划和资源需要量曲线(图 3-48)。图 3-47 中箭线上面小方框中的数字表示该项工作某种资源的每天需要量,箭线下面(或右边)的数字表示该工作的持续时间。

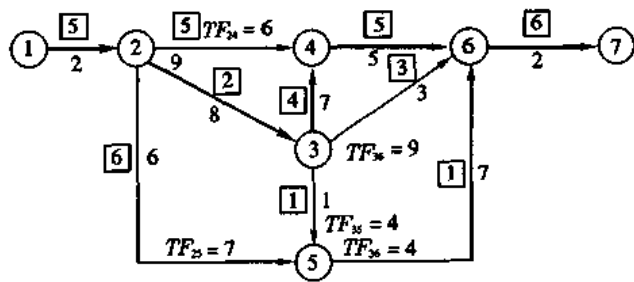
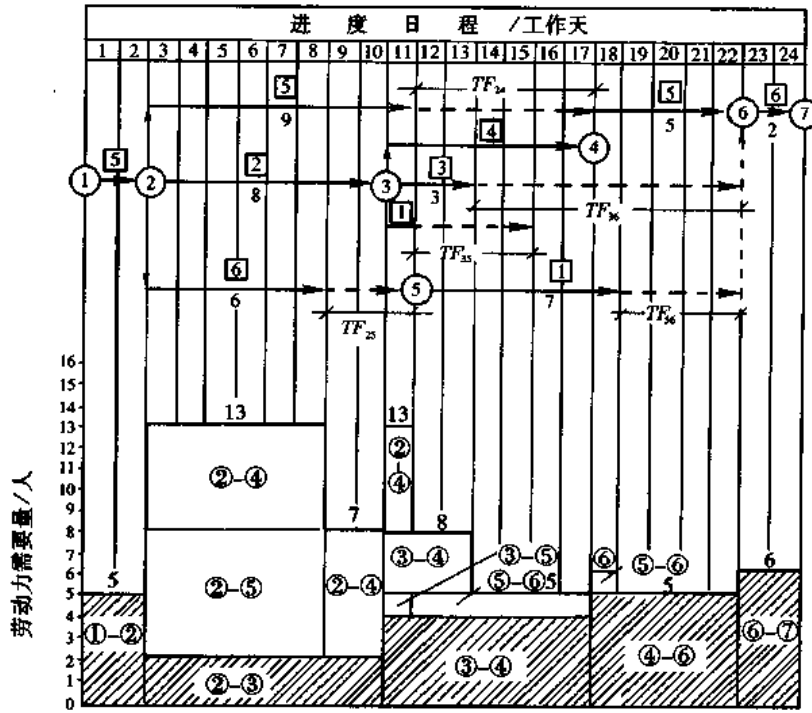
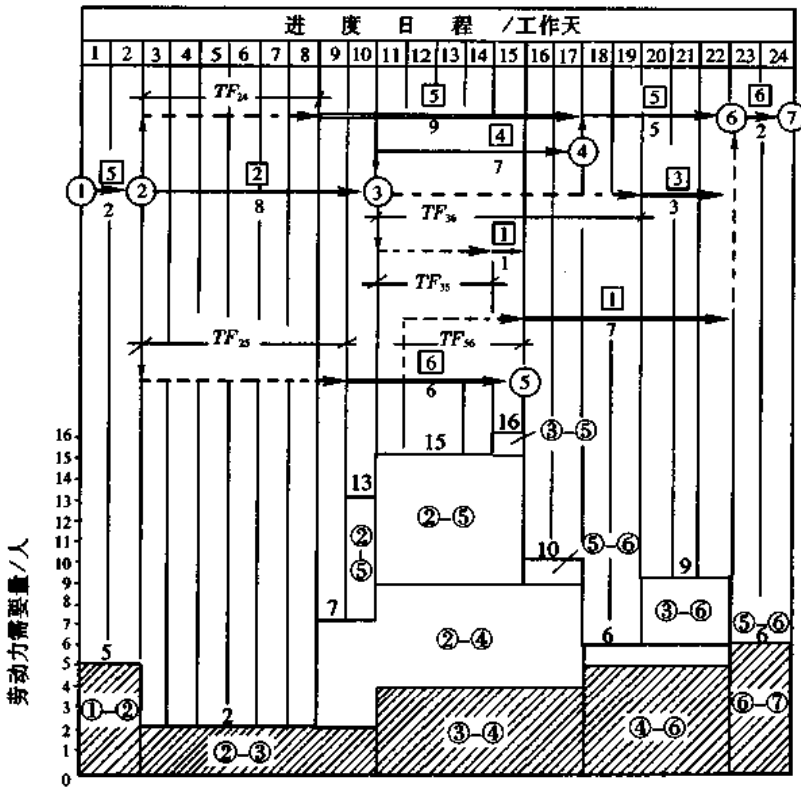


图 3-47 双代号网络计划



(a) 按最早开始时间绘制



(b) 按最迟开始时间绘制

图 3-48 双代号时标网络计划及某种资源需要量曲线

在图 3-48 中资源需要量曲线下部用影形斜线表示的部分,为在关键线路上某种资源的需要量。

三、有时限的网络计划

(一)一般规定

1. 网络计划的时限可分为:最早开始时限、最迟完成时限和中断时限。最早开始时限是指对网络计划或其中工作的开始所限定的最早时刻;最迟完成时限是指对网络计划的结束或其中工作完成所限定的最迟时刻;中断时限是指不允许网络计划或其中的工作进行的一段时间。

2. 网络计划的时限应在编制计划前根据对计划的约束条件、要求加以规定。一个时限可限制一项工作或多项工作,也可对整个计划加以限制。

3. 网络计划因有多种时限而产生的时间参数之间的矛盾,必须予以消除。消除时应依次考虑采取下列措施:

(1) 加快某些工作的进度,缩短其持续时间;

(2) 改变工作之间的衔接关系,使某些工作提前或推后进行,或使某些依次进行的工作搭接、交叉或平行地进行;

(3) 改变技术措施、方案,重新划分工作项目。

(二)有时限的网络计划产生的原因

编制网络计划时由于各种因素可能对整个计划或某项工作提出开始或结束的时间限制,因此,需要根据这些限制去重新计算网络计划的时间参数和工期。这种网络计划称为有时限的网络计划。

时间限制的因素有:

1. 因特殊的原因,必须提前开工或完工,以保证使用需要。

2. 因自然条件的影晌,要求在某个时间开工或完工,以避免造成浪费或危险。

3. 因某些资源的限制,要求提前或延期。

4. 因建设单位、监理单位或施工单位提出了新的要求。

5. 因某些技术原因、设计原因或科研方面的原因,要求提前或延期。

上述这些原因造成的时限都是通过指令传达到计划工作人员。有的在计划执行前,有的在计划执行过程中产生。总之,对计划或工作给以时限,是计划工作的普遍现象,有实际意义。

(三)时限的种类

1. 按时限的范围分类

(1) 对整个计划的时限;

(2) 对某些项工作的限制。

2. 按时限的限制时间分类

(1) 最早开始时限。它限制计划或工作的最早开始时间。

(2) 最迟完成时限。它限制计划或工作的完成时间。

(3) 中断时限。这是计划或工作不得在某个时间范围内施工的限制。

3. 按有时限的网络计划分类

- (1)有时限的双代号网络计划;
- (2)有时限的单代号网络计划。
- (四)有最早开始时限和最迟完成时限的网络计划

1.最早开始时限与最迟完成时限在网络计划中的表示应符合下列规定:

(1)双代号网络计划的最早开始时限在图上的 L_{i-j}^{ES} 值之前加“)”表示,标注在横向箭线尾部上面或竖向箭线尾部左面;最迟完成时限在图上的 L_{i-j}^{LF} 值之后加“<”表示,标注在横向箭线头部下面或竖向箭线头部右面。分别如图 3-49 之 a、b 所示。

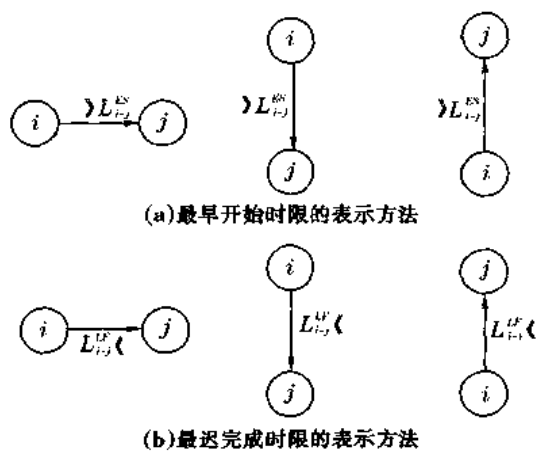


图 3-49 双代号网络计划的时限表示方法

(2)单代号网络计划的时限用类似的符号表示,分别标注在节点的左上角和右下角。如图 3-50 所示。

2.网络计划有最早开始时限,确定工作最早开始时间和最早完成时间应符合下列规定:

(1)整个网络计划有最早开始时限,应按网络计划的起始工作有最早开始时限对待;

(2)有最早开始时限的工作,应先按常规方法算出最早开始时间理论值 $[ES_{i-j}]$ 或 $[ES_i]$ 再按下列公式确定其最早开始时间:

对双代号网络计划

$$ES_{i-j} = \max\{[ES_{i-j}], L_{i-j}^{ES}\} \quad (3-65)$$

对单代号网络计划

$$ES_i = \max\{[ES_i], L_i^{ES}\} \quad (3-66)$$

有最早开始时限的工作的最早完成时间,必须以式 3-65 或式 3-66 所确定的工作最早开始时间为基础计算。

3.网络计划有最迟完成时限,确定工作最迟完成时间和最迟开始时间应符合下列规定:

(1)整个网络计划有最迟完成时限,应按网络计划的结束工作有最迟完成时限对待;

(2)有最迟完成时限的工作,应先按常规方法算出最迟完成时间理论值 $[LF_{i-j}]$ 或 $[LF_i]$,再按下列公式确定其最迟完成时间:

对双代号网络计划

$$LF_{i-j} = \min\{[LF_{i-j}], L_{i-j}^{LF}\} \quad (3-67)$$

对单代号网络计划

$$LF_i = \min\{[LF_i], L_i^{LF}\} \quad (3-68)$$

有最迟完成时限的工作的最迟开始时间,必须以式(3-67)或式(3-68)所确定的工作最迟完成时间为基础计算。

4. 在有时限的网络计划中,工作的时差还必须受时限的限制。工作的总时差除必须保证不影响工期,工作的自由时差除必须保证不影响紧后工作最早开始外,还都必须保证本工作及后续工作不违反最迟完成时限的限制。

5. 在有时限的双代号网络计划中,工作的时差计算应符合下列规定:

(1) 总时差应用无时限网络计划的相应公式计算;

(2) 有最迟完成时限的工作的自由时差 FF_{i-j} 应为

$$FF_{i-j} = \min\{(ES_{j-k} - EF_{i-j}), (L_i^{LF} - EF_{i-j})\} \quad (3-69)$$

式中 ES_{j-k} ——工作 $i-j$ 的紧后工作 $j-k$ 的最早开始时间。

(3) 有最迟完成时限工作的所有先行工作的自由时差 FF_{i-j} 应为

$$FF_{i-j} = \min\{(ES_{j-k} - EF_{i-j}), TF_{i-j}\} \quad (3-70)$$

6. 有时限的单代号网络计划中,工作的时差计算应符合下列规定:

(1) 总时差应用无时限网络计划的相应公式计算;

(2) 两工作 i, j 之间的时间间隔 LAG_{i-j} 应为:

$$LAG_{i-j} = \min\{(ES_j - EF_i), (L_i^{LF} - EF_i)\} \quad (3-71)$$

(3) 有最迟完成时限的工作及其所有的先行工作的自由时差 FF_i 应为

$$FF_i = \min\{LAG_{i-j}, TF_i\} \quad (3-72)$$

7. 当有最迟完成时限的工作及其先行工作的总时差为负值(同时也必定使计划开始时间为负值),或这些工作的时间参数违反了最早开始时限的限制时,必须按本节三、之(一)中第3项的规定加以解决。

8. 有最早开始时限的工作及所在线路上的后续工作的完成时间不应超过最迟完成时限和要求工期。否则,必须按本节三、之(一)中第3项的规定解决。

9. 在有时限的网络计划中,非关键线路上也可能存在总时差为零(或最小)的工作。对这些工作必须与关键工作同等对待。

10. 限停时间用符号 T_i^{LD} 或 T_j^{LD} 表示,其值的计算应符合下列规定:

(1) 当最早开始时限大于有时限的工作最早开始时间理论值时,在该工作开始前产生的限停时间应为:

对双代号网络计划

$$T_{i-j}^{LD} = L_{i-j}^{ES} - [ES_{i-j}] \quad (3-73)$$

对单代号网络计划

$$T_i^{LD} = L_i^{ES} - [ES_i] \quad (3-74)$$

(2) 当最迟完成时限小于受限工作的最迟完成时间理论值时,在有时限的工作最早完成后产生的限停时间应为:

对双代号网络计划

$$T_{i-j}^{LD} = [LF_{i-j}] - L_i^{LF} \quad (3-75)$$

对单代号网络计划

$$T_i^{LD} = [LF_i] - L_i^{LF} \quad (3-76)$$

11. 有时限的工作开始前的限停时间,在条件允许时可当作该工作的先行工作的时差,根据计划安排的需要加以利用。有时限的工作最早完成后的限停时间,严禁当做该工作及其先行工作的时差加以利用,但在条件允许时可由后续工作加以利用。

(五)有中断时限的网络计划

1. 处理中断时限应不违反其他约束条件、不背离计划目标并符合下列方法之一的规定:

(1)将有时限的工作推迟到中断时限的中断结束以后进行,并把它看作被推迟的工作的最早开始时限;

(2)将有时限的工作提前到中断时限的中断开始以前进行,并把它看作被提前的工作的最迟完成时限;

(3)将有时限的工作分为两阶段,分别在中断期的前后进行,并把中断开始看作工作前段的最迟完成时限,把中断结束看作工作后段的最早开始时限。

2. 有中断时限的工作在图上的表示和时间参数计算,应分别按有最早开始时限或最迟完成时限的工作的相应方法处理。

(六)有时限的双代号时标网络计划

1. 有时限的双代号时标网络计划(以下简称有时限的时标网络计划)的时间参数计算、关键工作和限停时间的确定均与有时限的无时标网络计划相同,必须符合本节三、之(四)中 2~11 项所述的规定。

2. 有时限的时标网络计划中,工作和时差的表示方法与无时限的时标网络计划相同,绘制时应符合本章第二节的规定。

时限标志符号“》”和“《”的尖端宜对准该时限时间值的坐标。

3. 在有时限的时标网络计划中,限停时间应用点划线表示。为使不同性质的时间段标示分明,在点划线与实线、波形线等其它线型的交接点,必须用圆点标明,如图 3-51 所示。

4. 在按最早时间绘制的时标网络计划图上,工作后的限停时间只能表现出一部分,其值 T_{i-j}^{LDP} 应按下式计算:

$$T_{i-j}^{LDP} = ES_{j-k} - L_{i-j}^{LF} \quad (3-77)$$

式中 ES_{j-k} ——有时限的工作 $i-j$ 的紧后工作 $j-k$ 的最早开始时间。

5. 表示限停时间的点划线在时间坐标上的投影长度,必须与所代表的 T_{j-k}^{TD} 或 T_{j-h}^{LDP} 值相当。

(七)有时限的双代号网络计划计算示例

如图 3-52 所示,工作 1-3 有最迟完成时限 10,工作 4-7 和 5-6 分别有最早开始时限 50 和 25。图 3-52 中的时间参数是未考虑时限计算的理论值(初值)。

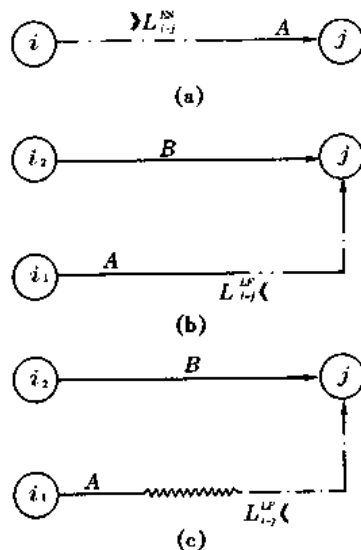


图 3-51 有时限的时标网络计划限停时间表示法

(a)工作前的限停时间;(b)工作后的限停时间($FF_{i-j}=0$ 时);(c)工作后的限停时间

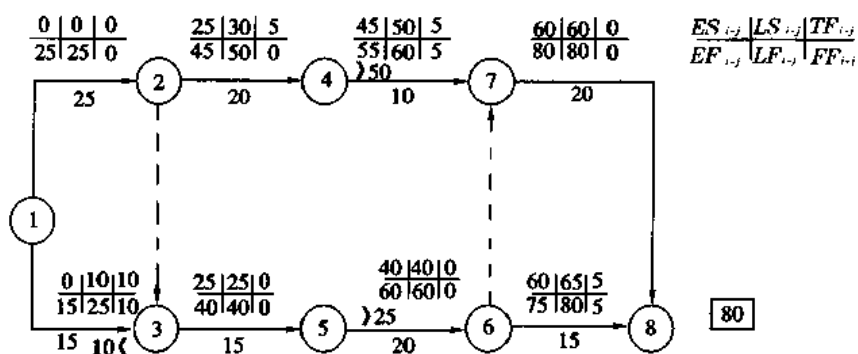


图 3-52 双代号网络计划时间参数初值

1. 受最早开始时间限制时网络计划工作的时间参数计算

首先按公式(3-65)计算有最早开始时限工作及受其影响的其它工作的最早开始时间与最早完成时间,见图 3-53 所示。

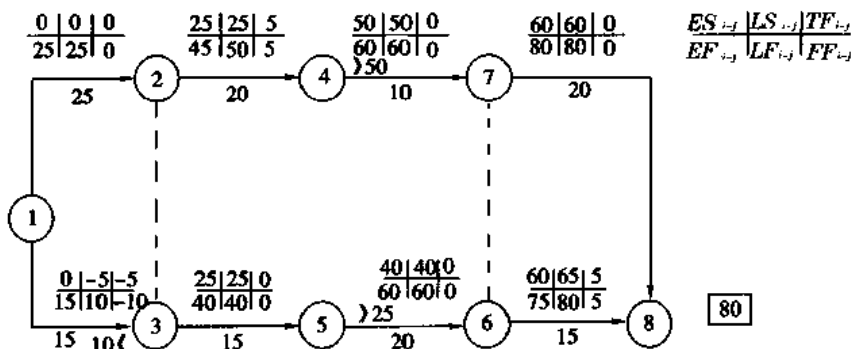


图 3-53 有时限的双代号网络计划计算

$$\begin{aligned}
 ES_{4-7} &= \max\{[ES_{4-7}], L_{4-7}^{ES}\} = \max\{45, 50\} = 50 \\
 EF_{4-7} &= ES_{4-7} + D_{4-7} = 50 + 10 = 60 \\
 ES_{5-6} &= \max\{[ES_{5-6}], L_{5-6}^{ES}\} = \max\{40, 25\} = 40 \\
 EF_{5-6} &= 40 + 20 = 60 \\
 ES_{6-8} &= \max\{[ES_{6-8}], EF_{5-6}\} = \max\{60, 60\} = 60 \\
 EF_{6-8} &= 60 + 15 = 75 \\
 ES_{7-8} &= \max\{[ES_{7-8}], EF_{4-7}, EF_{5-6}\} = \max\{60, 60, 60\} = 60 \\
 EF_{7-8} &= 60 + 20 = 80 \\
 T_c &= 80
 \end{aligned}$$

2. 受最迟开始时间限制时网络计划工作的时间参数计算

本计划受最迟开始时间限制的工作只有 1-3,按公式(3-67)计算:

$$\begin{aligned}
 LF_{1-3} &= \min\{[L_{LF_{1-3}}], L_{1-3}^{LF}\} = \min\{25, 10\} = 10 \\
 LS_{1-3} &= 10 - 15 = -5
 \end{aligned}$$

工作 1-3 的最迟开始时间出现了负值(见图 3-53),说明它的持续时间本就不能满足

最迟时限的要求,应采取措施压缩,将 15 天改变为 10 天,故

$$ES_{1-3}=0; EF_{1-3}=0+10=10$$

$$LF_{1-3}=10; LS_{1-3}=10-10=0$$

这个变化并未影响 1-3 的紧后工作,故不需作其它调整。

以上计算结果见图 3-54 所示,图 3-54 为最后确定的时间参数。

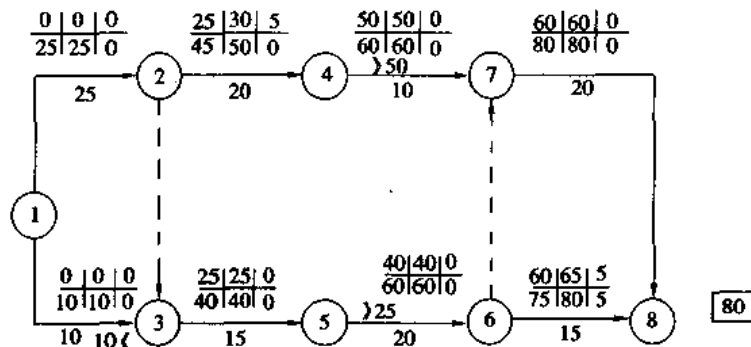


图 3-54 最后确定的有时限双代号网络计划计算结果

3. 时差的计算

按常规方法计算的总时差标在图 3-54 中。

按公式(3-69)计算的自由时差亦标在图 3-54 中,按规定,总时差不得出现负值。

4. 关键线路

本例的关键线路是 1-2-3-5-6-7-8。工作 1-3 和工作 4-7 虽不在关键线路上,但因其总时差为 0,故应按关键工作对待。

5. 限停时间

由于工作 4-7 有最早开始时限 50,且大于本身的最早开始时间初值,故产生了前限停时间

$$T_{4-7}^{LD} = L_{4-7}^{ES} - \{ES_{4-7}\} = 50 - 45 = 5$$

工作 5-6 虽有最早开始时限 25,但因为小于其最早开始时间初值 40,故无限停时间。

由于工作 1-3 受最迟完成时限 10 的限制,且其值小于其最迟完成时间的理论值 25,故产生了后限停时间,其值为

$$T_{1-3}^{LD} = \{LF_{1-3}\} - L_{1-3}^{LF} = 25 - 10 = 15$$

6. 绘制有时限的时标网络计划

根据计算结果绘制的时标网络计划见图 3-55。

四、群体网络计划

(一) 群体网络计划概念

两个以上单体网络的组合就构成群体网络。群体网络中的各个单体网络是相互独立的,但又是相互联系的。如前述网络计划的连锁,就是在一个施工企业中有若干个单体网络计划,由于某一种资源(例如某主导施工机械)需要在某几个单体工程(即单体网络计划)中辗转流动使用,这就是一种联系。由于这种流动,就要考虑群体网络的优化,在群体网络中,优化是重要的课题。

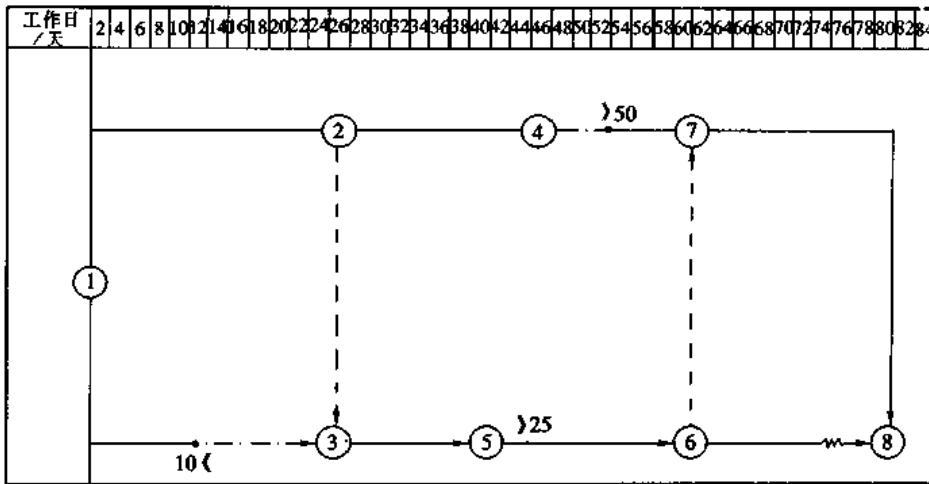


图 3-55 有时限的时标网络计划

在一个大型或中型建筑工地上,在一个建筑企业或一个工程队中,同时期内必然要承担若干个单体工程。为达到在资源使用上的连续性和均衡性,所构成的群体网络就要考虑这些问题。这就是群体网络研究解决的问题。

群体网络是指一个大、中型工程建设项目,一个居住建筑群,它们包括若干辅助建筑和全工地性水电管网、道路等公共设施,配套交工后才能投产与使用,整个工程也可分阶段完成。如果我们在安排计划中,只着重于各个主体工程而缺乏群体工程的概念,势必不能配套交工,基本建设投资不能及早发挥效益。

编制群体网络时注意有以下特点:

1. 编制同类型的民用建筑群网络时,务必使用流水施工;非同类型的建筑群,如工业群网络计划,在编制时应注意主要工种与主导大型施工机械的流水。

2. 注意群体网络计划的整体性,各个单体网络之间有密切的联系,考虑到分阶段、局部与整体的关系,按照生产系统同步施工,配套完工及时投产和使用。

3. 群体网络计划一般周期较长、项目多,因此,必须要分期分批地按系统和分阶段进行统筹安排,分期完成的项目能独立生产和使用,充分发挥投资的效益。

4. 群体网络计划中参与的施工单位、专业协作部门多而复杂。群体网络中要为各专业单位创造施工条件,即在某专业队进场之前必须完成的前道工序,务必落实。在编制网络计划时要考虑到工作面、立体交叉作业和安全措施。

编制群体网络计划是一件十分复杂而细致的工作,事先必须掌握充分的数据、信息。编制人员要熟悉生产工艺和施工工艺,并且要有丰富的实践经验,能善于利用时差和关键路线,使以最少的消耗达到最大的效益和缩短总工期。

编制群体网络时必须考虑到施工单位可能得到的资源和现有的资源,力求均衡和连续施工。

图 3-56 为群体网络计划的示意图,它是由若干子网络所组成。总网络计划即施工组织总进度计划,子网络计划即组成总网络计划的若干个单体网络计划,一个子网络计划可划分为更细的分部网络,按需分级。

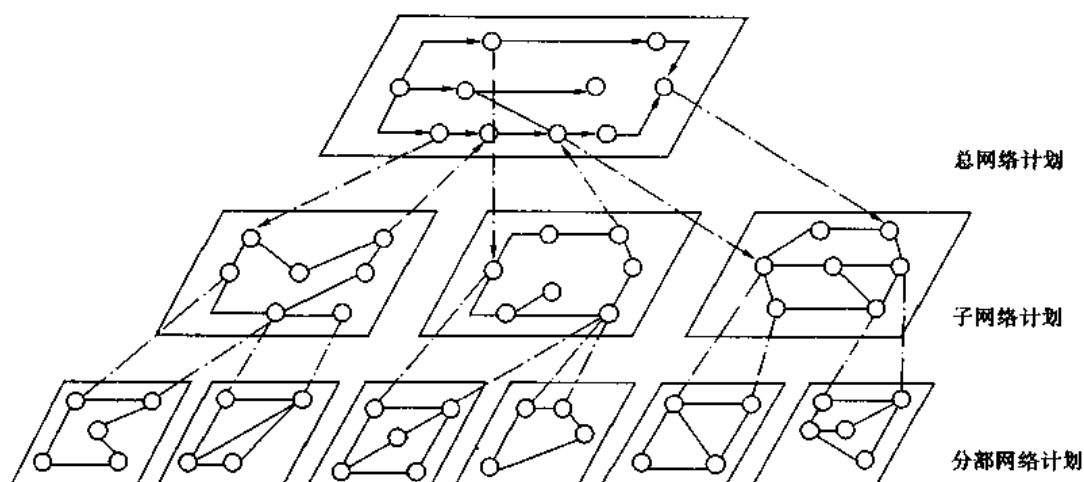


图 3-56 群体网络计划示意图

总体网络计划主要对工程起控制作用；子网络是在总体网络的要求下进行具体分项的安排，以保证总体网络的实现；对规模大而复杂的工程，可划分更细的多级网络。

群体网络计划往往是多目标的网络计划，即有两个以上的终点。例如，一个新建工业企业的群体网络中，分期分批完成各个车间或各系统；民用建筑群体网络计划也一样，按期完成各区域的房屋，以供使用。将各个目标的终点与总网络计划的终点用虚箭线相连，就成了一个单目标的群体网络。各个分目标的完成将会影响总网络计划，各个单体目标之间亦有相关的联系。

(二) 群体网络计划中应用的网络计划连锁

在编制建筑企业或工程队的群体网络计划时应考虑到某种资源（如起重机）能连续而均衡的使用，需编制综合的资源使用计划。建筑企业一般有若干个工程同时或搭接施工，如果孤立地考虑单独一项工程的计划，即使在工艺技术上和经济上均属优化的计划，但对整个建筑企业的资源使用而言，往往会出现矛盾。因此需要将同一个施工单位（公司或工程队）在某一施工阶段的各单位工程网络计划彼此相互联系起来，这就称为网络计划的连锁，这是十分必要的。甚至可将各单项工程网络加以合并，编制出属于某一建筑企业整个生产范围内，在某一时期的群体网络计划，根据此计划控制某些资源的连续、均衡使用。

以下将几个单项工程网络计划连锁为一个群体网络，并只考虑某一种资源使用的连续性及其特定的施工期限条件，从理论上说明网络连锁的方法。

1. 单项网络计划连锁的步骤

(1) 编制单个网络计划。由于各单项工程的网络计划往往是分别由较多的技术人员所编制，故应制订有统一的编制条件，如活动项目的划分、单位指标等均相同。

(2) 单个网络的计算。按一般常规方法计算单个网络的时间和资源量，可考虑资源、工期与成本方面的优化。

(3) 网络计划的连锁。

在各单个网络计划中，有些活动是以同类的资源进行施工的，例如，使用同一台主导机械或同一组机械，由于考虑经济效益，首先应优先保证充分发挥这些机械的作用。各单位工

程现场的地址为已知,因而该类资源(例如某主导机械)从这一工地转移到另一工地所需的时间也为已知。

在各单个网络计划中,首先求出使用该类物资的时间区段以及不使用这种资源的时间区段。后者称为“停歇时间”。

对单项网络计划中各类资源的使用时间与停歇时间进行对比分析,可以得到若干个工程连锁施工顺序的方案。从这些方案中可求得能保证资源使用的连续性最好的方案。

将所确定的使用时间与停歇时间用向量表示,并按照所选定方案的施工顺序,将使用该资源(如主导机械)的那些向量按顺序排列成一行,其中包括转移时间。在此行上方或下方,按相应位置绘入停歇时间的向量。将使用时间向量相加,就得到群体网络计划的关键线路长度。

使用时间矢量与非使用时间矢量之间的连接处,可能出现间隙或重叠,用差值(D)表示,有时间间隙时为正值,而时间重叠时为负值。差值向量的数值,就是相应的分部网络计划关键线路应延长的数值,而负差值向量则为其应缩短之值。延长和缩短时间均是对分部网络关键线路的非使用时间而言。选择最优方案的判别依据是群体网络计划的总工期(GP)以及差值绝对值总和为最小。

(4)将选定的连锁最优方案进行时间计算和绘图。

2. 网络计划连锁举例

例题 3-8 某工程队同时有三个单位工程施工,这三个单位工程都需要一组由主导机械组成的综合机械队施工。这三个单位工程的网络图见图 3-57、图 3-58、图 3-59 所示。

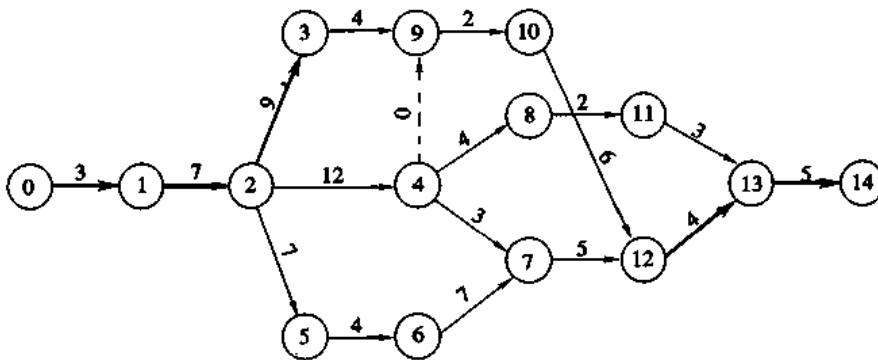


图 3-57 网络计划 I

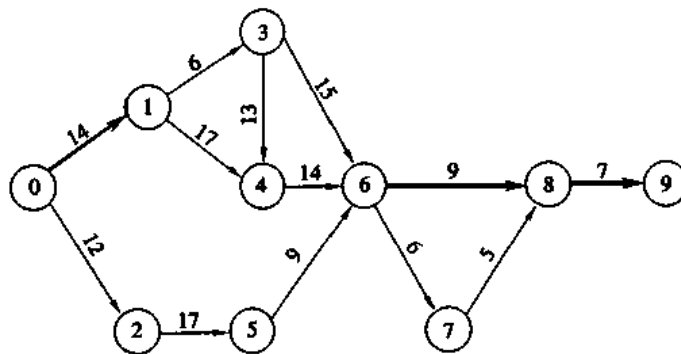


图 3-58 网络计划 II

图中由综合机械队来施工的工作用粗线表示。单位工程网络计划的时间计算结果汇集在表 3-13、表 3-14、表 3-15 中。表中带框的数值表示由综合机械队完成的工作数据。综合机械队的转移时间为：

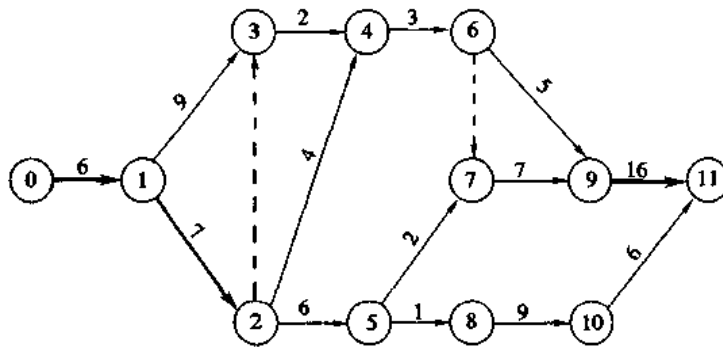


图 3-59 网络计划 III

表 3-13 网络计划 I 时间参数计算表

工作编号	持续时间/天	最早开始时间	最迟完成时间	时差 TF/天
①—①	3	0	3	0
①—②	7	3	10	0
②—③	9	10	19	0
②—④	12	10	23	1
②—⑤	1	10	15	4
③—⑨	4	19	23	0
④—⑦	3	22	26	1
④—⑧	4	22	30	4
④—⑩	0	22	23	1
⑤—⑥	4	11	19	4
⑥—⑦	7	15	26	4
⑦—⑪	5	25	31	1
⑧—⑪	2	26	32	4
⑨—⑩	2	23	25	0
⑩—⑫	6	25	31	0
⑪—⑬	3	28	35	4
⑫—⑬	4	31	34	0
⑬—⑭	5	35	40	0

表 3-14 网络计划Ⅱ时间参数计算表

工作编号	持续时间/天	最早开始时间	最迟结束时间	时差 TF /天
①—①	14	0	14	0
①—②	12	0	21	9
①—③	6	14	20	0
①—④	17	14	33	2
②—⑤	17	12	38	9
③—④	13	20	33	0
③—⑥	15	20	47	12
④—⑥	14	33	47	0
⑤—⑥	9	29	47	9
⑥—⑦	6	47	53	0
⑥—⑧	9	47	58	2
⑦—⑧	5	53	58	0
⑧—⑨	7	58	65	0

表 3-15 网络计划Ⅱ时间参数计算表

工作编号	持续时间/天	最早开始时间	最迟完成时间	时差 TF /天
①—①	6	0	6	0
①—②	7	6	13	0
①—③	9	6	19	4
②—③	0	13	19	5
②—④	4	13	21	4
②—⑤	8	13	21	0
③—④	2	15	21	4
④—⑥	3	17	24	4
⑤—⑦	2	21	24	1
⑤—⑧	1	21	22	0
⑥—⑦	0	20	24	4
⑥—⑨	5	20	31	6
⑦—⑨	7	23	31	1
⑧—⑩	9	22	31	0
⑨—⑩	16	30	47	1
⑩—⑩	16	31	47	0

由单位工程 I 转移到单位工程 II (或由 II 转移到 I) 为 3 天, 即 $U_{12} = U_{21} = 3$;

由单位工程 II 转移到单位工程 III (或由 III 转移到 II) 为 2 天, 即 $U_{23} = U_{32} = 2$;

由单位工程 I 转移到单位工程 III (或由 III 转移到 I) 为 2 天, 即 $U_{13} = U_{31} = 2$ 。

将 I、II、III 三个网络计划连锁起来, 使综合机械队尽可能地连续作业。求最优的连锁方式。

解

(1) 求综合机械队使用时间和停歇时间

使用时间是指综合机械队在各单位工程中实际工作的时间。使用时间的符号用 V_{mn} 表示, 下标 m 为网络计划编号, n 为使用工作向量的序号。停歇时间是指在同一个人单位工程中综合机械队在各使用工作之间的其余时间, 用 R_i 符号表示 (i 为单位工程编号)。

网络计划 I、II、III 的使用工作、使用时间、停歇时间及转移时间见表 3-16 所示。

表 3-16 网络计划 I、II、III 的使用工作、使用时间、停歇时间及转移时间表

网络计划编号	总工期 / 天	使用工作	使用时间 / 天	停歇时间 / 天	转移时间 / 天
I	40	工作①—②和②—③	$V_{11} = 7 + 9 = 16$	$R_1 = \text{网络计划总工期减去使用时间, 再减去网络起点至使用工作起点之间的时间} = 40 - (16 + 9) - 3 = 12$	$U_{12} = 3$ 天
		工作⑬—⑭和⑭—⑮	$V_{12} = 4 + 5 = 9$		$U_{13} = 2$ 天
II	65	工作⑥—⑦	$V_{21} = 14$	$R_2 = 65 - (14 + 16) - 0 = 35$	$U_{21} = 3$ 天
		工作⑧—⑨和⑨—⑩	$V_{22} = 7 + 9 = 16$		$U_{23} = 2$ 天
III	47	工作①—②和②—③	$V_{31} = 6 + 7 = 13$	$R_3 = 47 - (13 + 16) - 0 = 18$	$U_{13} = 2$ 天
		工作⑩—⑪	$V_{32} = 16$		$U_{23} = 2$ 天

(2) 列出可能的施工顺序的方案

三个单位工程分别用 I、II、III 三个网络计划来表示其进度。因此, 可列出以下六种施工顺序的安排方案:

I → II → III; II → I → III; III → I → II; I → III → II; II → III → I; III → II → I。

当单个网络计划的数目更多时, 施工顺序的方案数目也就剧增。因此, 要选择最优方案。优选的方法是力求用另一个网络计划的使用时间来填补某一网络计划的停歇时间。

(3) 各施工顺序方案的图解法

各施工顺序方案的图解方法绘于图 3-60。图中符号说明:

U_{xy} ——转移时间, 即从单位工程 x 转移到单位工程 y 所需的时间;

D ——差值, 即使用时间 V 与停歇时间 R 之间的间隔时间或重叠时间。

以下对各施工顺序的方案作详细分析:

在网络计划 I 中的工作①—②及②—③(此两活动的使用时间用 V_{11} 表示) 结束后, 综合机械队即向网络计划 II 转移(转移时间用 U_{12} 表示)。转移时间 U_{12} 的起点与停歇时间 R_1 的起点为同一时间; 转移时间 U_{12} 结束后, 即开始网络计划 II 的工作⑥—⑦(其使用时间用 V_{21} 表示)。 V_{21} 结束后, 接着就是转移时间 U_{21} 及停歇时间 R_2 开始; 综合机械队转移到 II 以后, 即开始网络计划 I 的工作⑬—⑭及⑭—⑮(其使用时间用 V_{12} 表示)。

介于 R_1 结束与 V_{12} 开始之间的时间间隔,即为差值 $D_1 = 8$ 天。因此,网络计划 I 的关键线路工期需要延长 8 天,才能使工程连续施工。差值 D_1 的箭头向右,表明关键线路需要延长。如果 D 值的方向相反,即指向左方时,则表明需要缩短停歇时间。 V_{12} 完成后,就向网络计划 III 转移。

在 R_2 期间,网络计划 III 的工作 ①—①及 ①—②(其使用时间用 V_{31} 表示)尚在进行。 V_{31} 的结束,同时就是转移时间 R_3 的开始,也是网络计划 III 中非使用工作施工工期的开始,经过转移时间 U_{32} 以后,网络计划 II 的一组工作 ⑥—⑧及 ⑧—⑨,即 V_{22} 开始施工。可以看出,当 R_2 尚未结束, V_{22} 即已开始,这就是说,网络计划的停歇时间 R_2 与 V_{22} 重叠施工。这个事实可由 D_2 值的大小与方向表明。 D_2 方向向左,其值为 6 天。其余活动安排的分析与上述类似。

其它方案的使用时间、停歇时间、转移时间及差值等以同样方法绘示在图 3-60 中。求出差值 D 的大小和方向,并列示于图 3-60 的右表中。

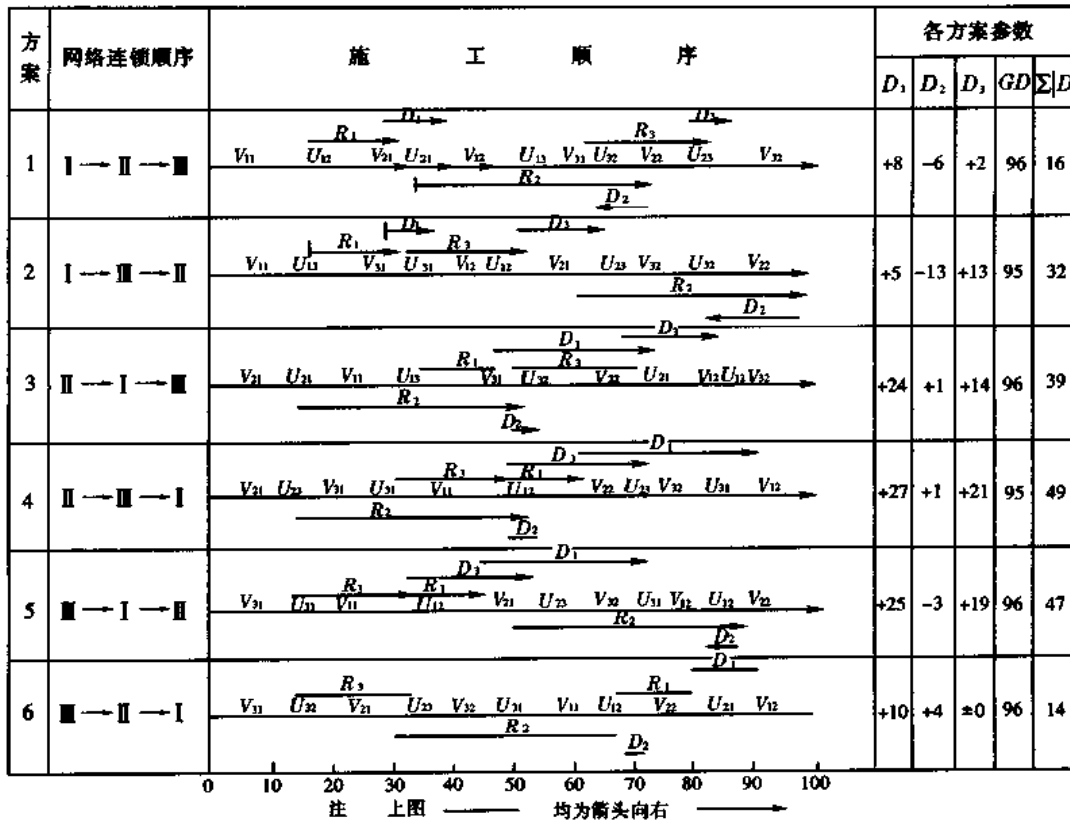


图 3-60 各网络计划转移顺序方案的图解分析

(4) 最优方案的选择

最优方案根据以下两个条件选定:

- ① 总工期最短;
- ② 差值 D 的绝对值之和为最小。

从图 3-60 可知,方案 6 为最优方案,其施工顺序为 III → II → I,差值 D 的绝对值 $\sum|D| = 14$,总工期(GP) = 96 天, $D_1 = +10$ 天, $D_2 = +4$ 天, $D_3 = \pm 0$ 。故需将关键线路上

的非使用工作的持续时间相应延长,在网络计划 I 中延长 10 天,在网络计划 II 中延长 4 天。

(5)网络计划的连锁

完成了上述准备工作以后,即进行网络计划的连锁。在表 3-17 及表 3-18 中列有延长后的工作持续时间,各工作的最早开始时间、最迟完成时间及总时差。除对关键线路予以必要的延长外,其它工作的持续时间也同时延长,但这些活动并未成为关键工作。这样就可缩短时差,因而改善了综合机械队工作的连续性,而不会改变群体工程的总工期。

表 3-17 网络计划 II 某些工作延长持续时间后的时间参数表

工作编号	持续时间/天	延长后的工作 持续时间/天	最早开始时间	最迟完成时间	总时差 TF/天
①—①	14	14	0	14	0
①—②	12	12	0	14	2
①—③	6	8	14	22	0
①—④	17	19	14	35	2
②—⑤	17	21	12	35	2
③—④	13	13	22	35	0
③—⑥	15	22	22	49	5
④—⑥	14	14	35	49	0
⑤—⑥	9	14	38	49	2
⑥—⑦	6	7	49	56	0
⑥—⑧	9	9	49	62	4
⑦—⑧	5	6	56	62	0
⑧—⑨	7	7	62	69	0

表 3-18 网络计划 I 某些活动延长持续时间后的时间参数表

工作编号	持续时间/天	延长后的工作 持续时间/天	最早开始时间	最迟完成时间	总时差 TF/天
①—①	3	3	0	3	0
①—②	7	7	3	10	0
②—③	9	9	10	19	0
②—④	12	15	10	27	2
②—⑤	1	4	10	20	6
③—⑨	4	8	19	27	0
④—⑦	3	6	25	35	4
④—⑧	4	8	25	37	4
④—⑨	0	0	25	27	2
⑤—⑥	4	7	14	27	6
⑥—⑦	7	8	21	35	6
⑦—⑫	5	6	31	41	4
⑧—⑪	2	3	33	40	4
⑨—⑩	2	5	27	32	0
⑩—⑫	6	9	32	41	0
⑪—⑬	3	5	36	45	4
⑫—⑬	4	4	41	45	0
⑬—⑭	5	5	45	50	0

初步确定连锁的网络计划见图 3-61 所示。为了进行连锁,图中增添了综合机械队的转移工作。该网络计划的有关计算参数见表 3-19。

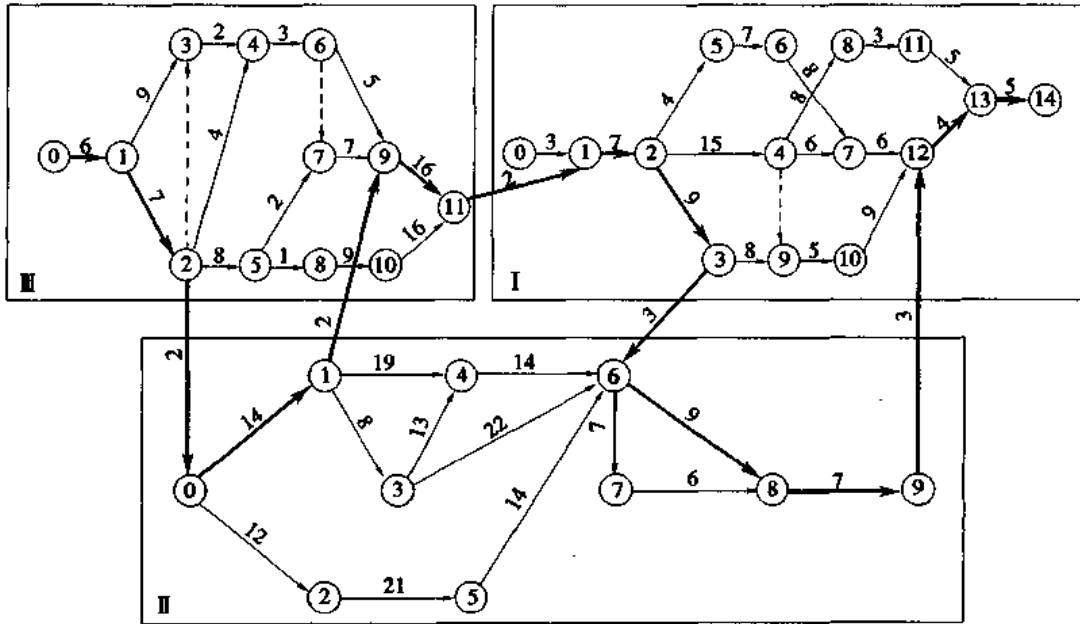


图 3-61 初步确定的连锁网络计划

表 3-19 初步确定连锁网络计划的有关计算参数

工作	工作持续时间/天	最早开始时间	最迟完成时间	时差/天	工作	工作持续时间/天	最早开始时间	最迟完成时间	时差/天	工作	工作持续时间/天	最早开始时间	最迟完成时间	时差/天
①—②	7	6	13	0	①—①	14	15	29	0	①—①	3	46	49	0
①—③	9	6	19	4	①—②	12	15	29	2	①—②	7	49	56	0
②—③	0	13	19	6	①—③	8	29	37	0	②—③	9	56	65	0
②—④	4	13	21	4	①—④	19	29	50	2	②—④	15	56	73	2
②—⑤	8	13	21	0	②—⑤	21	27	50	2	②—⑤	4	56	66	6
③—④	2	15	21	4	③—④	13	37	50	0	③—⑨	8	65	73	0
④—⑥	3	17	24	4	③—⑥	22	37	64	5	④—⑦	6	71	81	4
⑤—⑦	2	21	24	1	④—⑥	14	50	64	0	④—⑧	8	71	83	4
⑤—⑧	1	21	22	0	⑤—⑥	14	48	64	2	④—⑨	0	71	73	2
⑥—⑦	0	20	24	4	⑥—⑦	7	64	71	0	⑤—⑥	7	60	73	6
⑥—⑨	5	20	31	6	⑥—⑧	9	64	77	4	⑥—⑦	8	67	81	6
⑦—⑨	7	23	31	1	⑦—⑧	6	71	77	0	⑦—⑫	6	77	87	4
⑧—⑩	9	22	31	0	⑧—⑨	7	71	84	0	⑧—⑪	3	79	86	4
⑨—⑩	16	30	47	1						⑥—⑩	5	73	78	0
⑩—⑪	16	31	47	0						⑩—⑫	9	78	87	0
										⑪—⑬	5	82	91	4
										⑫—⑬	4	87	91	0
										⑬—⑭	5	91	96	0

网络计划 III →

网络计划 II →

网络计划 I →

到此为止,虽然我们已经使整个工程的施工满足了综合机械队连续工作的要求,并根据其进度确定了关键线路,但在表 3-19 的计算中,网络计划Ⅲ的工作⑨—⑪和网络计划Ⅱ的工作⑥—⑧的总时差各为 1 天和 4 天,所以如此的原因是由于网络计划Ⅲ中生活⑨—⑪的完成时间恰好是其最迟完成时间,而网络计划Ⅱ的工作⑥—⑧及⑧—⑨则系首尾衔接相继施工,即工作⑥—⑧同样是按其最迟期限。综合机械队在工期方面的最优施工方案因而只能在这种前提下得到保证。这样,就需要用“等待工作”表示上述的总时差。最后确定的网络计划见图 3-62。图中工作⑨—⑨及⑥—⑥表示“等待工作”,其持续时间分别为 1 天与 4 天,与图 3-61 网络计划Ⅲ的工作⑨—⑪及网络计划Ⅱ的工作⑥—⑧,⑧—⑨的总时差相同。从图 3-62 中迫使工作⑨—⑪与⑥—⑧、⑧—⑨在关键线路上。总网络计划的计算结果见表 3-20,其中列出所有的工作持续时间及时差,也包括“等待工作”及转移时间。

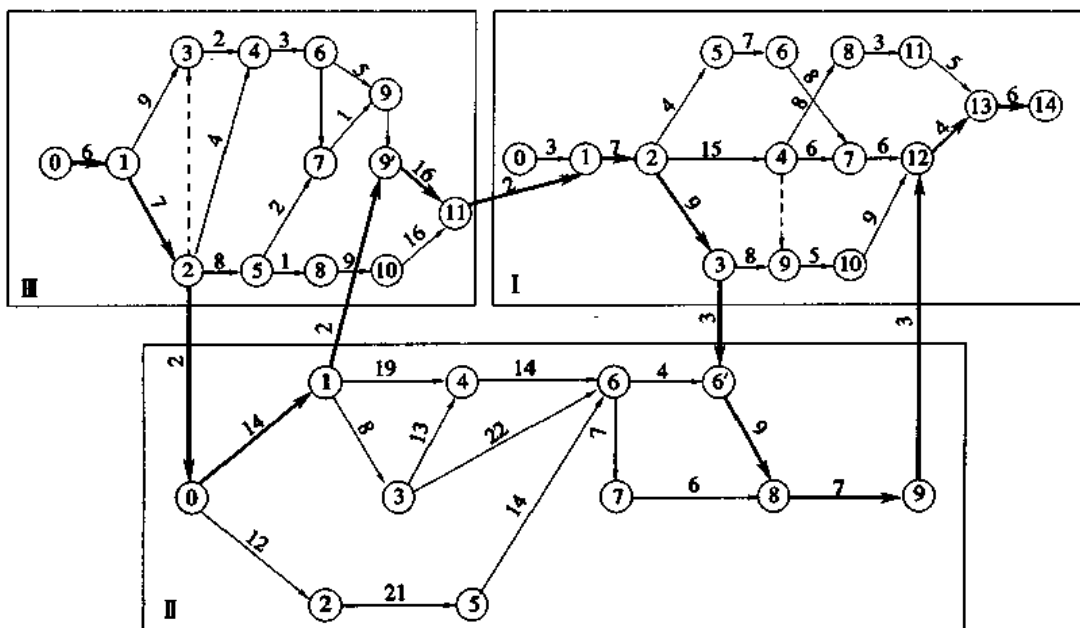


图 3-62 最后确定的连锁网络计划

表 3-20 最后确定的总网络计划时间参数计算表

网络计划	工作	工作持续时间/天	最早开始时间	最早完成时间	最迟开始时间	最迟完成时间	时差/天
Ⅲ	①—①	6	0	6	0	6	0
	①—②	7	6	13	6	13	0
	①—③	9	6	15	10	19	4
	②—③	0	13	13	19	19	6
	②—④	4	13	17	17	21	4
	②—⑤	8	13	21	13	21	0
	③—④	2	15	17	19	21	4
	④—⑥	3	17	20	21	24	4
	⑤—⑦	2	21	23	22	24	1
	⑤—⑧	1	21	22	21	22	0

· 系 统 工 程 计 划 ·

续表 3-20

网络计划	工作	工作持续时间/天	最早开始时间	最早完成时间	最迟开始时间	最迟完成时间	时差/天
Ⅲ	⑥—⑦	0	20	20	24	24	4
	⑥—⑨	5	20	25	26	31	6
	⑦—⑨	7	23	30	24	31	1
	⑧—⑩	9	22	31	22	31	0
	⑨—⑨	1	30	31	30	31	0
	⑨—⑪	16	31	47	31	47	0
	⑩—⑪	16	31	47	31	47	0
	⑫—⑬	2	13	15	13	15	0
⑭—⑮	2	47	49	47	49	0	
Ⅱ	①—①	14	15	29	19	29	0
	①—②	12	15	27	17	29	2
	①—③	8	29	37	29	37	0
	①—④	19	29	48	31	50	2
	②—⑤	21	27	48	29	50	2
	③—④	13	37	50	37	50	0
	③—⑥	22	37	59	42	64	5
	④—⑥	14	50	64	50	64	0
	⑤—⑥	14	48	62	50	64	2
	⑥—⑥	7	64	71	64	71	0
	⑥—⑦	4	64	68	64	68	0
	⑥—⑧	9	68	77	68	77	0
	⑦—⑧	6	71	77	71	77	0
	⑧—⑨	7	77	84	77	84	0
	⑬—⑭	2	29	31	29	31	0
⑮—⑯	3	84	87	84	87	0	
Ⅰ	①—①	3	46	49	46	49	0
	①—②	7	49	56	49	56	0
	②—③	9	56	65	56	65	0
	②—④	15	56	71	58	73	2
	②—⑤	4	56	60	62	66	6
	③—⑨	8	65	73	65	73	0
	④—⑦	6	71	77	75	81	4
	④—⑧	8	71	79	75	83	4
	④—⑨	0	71	71	73	73	2
	⑤—⑥	7	60	67	66	73	6
	⑥—⑦	3	67	75	73	81	6
	⑦—⑫	6	77	83	81	87	4
	⑧—⑪	3	79	82	83	86	4
	⑨—⑩	5	73	78	73	73	0
	⑩—⑫	9	78	87	78	87	0
	⑪—⑬	5	82	87	86	91	4
	⑫—⑬	4	87	91	87	91	0
	⑬—⑭	5	91	96	91	96	0
⑮—⑯	3	65	68	65	68	0	

说明:工作⑳即网络计划Ⅲ中的节点②,工作㉑即网络计划Ⅱ中的节点①;同样,㉒①②等可类推。

五、流水网络计划

(一) 流水网络与搭接网络的关系

前述的网络计划中只反映工作之间的正确逻辑关系,但并不能表达工作之间的流水作业的内容,这是因为在一般网络计划中相邻两工作的关系是衔接关系,也就是搭接网络中的 FTS 时距的连接关系。在关键路线上,所有工作的 FTS 时距均为零,而流水作业中相邻工作的关系是搭接关系。

例如图 3-63 中,共三个工作组成的流水作业水平进度,相邻工作之间是搭接关系,即搭接网络中的 STS 关系,而时距为 K ,即流水作业中相邻施工过程的流水步距为 K 。在全等节拍流水中流水步距 K 等于各施工段的持续时间 D 。

施工过程 (工作)	进度日程 / 天									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A		1		2		3				
B				1		2		3		
C						1		2		3

图 3-63 中的搭接关系标注如下：
 A 与 B 之间： $FTF_{AB} = 2$ (从 A 的第 6 天到 B 的第 4 天)
 B 与 C 之间： $FTF_{BC} = 2$ (从 B 的第 8 天到 C 的第 6 天)
 A 与 B 之间： $STS_{AB} = 2$ (从 A 的第 2 天到 B 的第 4 天)
 B 与 C 之间： $STS_{BC} = 2$ (从 B 的第 4 天到 C 的第 6 天)
 搭接时距： K_1 (A 与 B 之间), K_2 (B 与 C 之间)

图 3-63 全等节奏流水作业,相邻工作的搭接时距为 K

如果是不等节奏流水及无节奏流水作业,则用流水作业中已讲的方法,分别计算得各相邻施工过程间的流水步距 K 以后,应用搭接网络采用 STS 时距等于 K ,就可表达流水关系。

因此,图 3-63 的全等节奏流水可用搭接网络来表示,见图 3-64 所示。图中圆圈内 2×3 ,即表示其分 3 个施工段,每段的持续时间为 2 天,该工作总持续时间为 $2 \times 3 = 6$ 天。

由此可见搭接网络计划即是流水网络的一种形式。而搭接网络除 STS 时距关系外,尚有其他时距关系,可见它是当前反映各工作之间逻辑关系比较全面的一种网络计划。

但在一般工程中往往是一部分或几部分的工作用流水作业安排,其余的部分采用平行、交叉或衔接施工,并且在网络计划中要反映流水作业,尚需说明分段情况、每段持续时间及标出流水步距等。因此,应用“流水网络计划”来编制工程流水作业的内容更为适用。

(二) 流水网络计划表示的方法

虽然在搭接网络计划的 STS 时距,代以相邻工作的流水步距 K 以后,搭接网络同样可以表达流水作业,但是,当反映工程的流水作业时,或在一个工程中有部分工作是流水施工

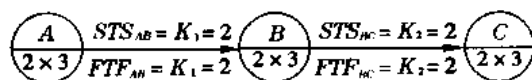


图 3-64 用搭接网络表示全等节奏流水作业,即流水网络的一种形式

时,应用流水网络计划,直接引入流水步距分层分段,甚至可绘制成水平进度和其它表示出流水作业形象的图示方式,更为方便而直观,这些都是流水网络的优点。绘制和计算流水网络应遵照以下方法:

1. 流水网络计划中如果有一部分工作的关系是一般衔接关系(即 *FTS* 关系),则这些工作仍按一般单代号网络计划处理,在流水网络图中用直线箭线(\rightarrow)连接。

2. 如果相邻工作是搭接施工(即 *STS* 时距关系),则连接箭线以点、直线($\cdots\cdots\cdots$)表示,并且注以相应的流水步距 *K* 值。

3. 流水网络中的时间表示方式,有以下几种情况:

(1)当各施工段的持续时间相同时,则工作的持续时间为各施工段的持续时间乘以施工段数。如例题 3-9 的图 3-66 中,工作 *A* 的持续时间为 8 天,共分 4 个施工段,每段需 2 天。可注 2×4 ,其中 2 为每段时间,4 为段数。

(2)当各施工段的时间不同时,则逐段按前后程序注明。例如图 3-66 中工作 *P* 的各段时间注以 3,2,即说明工作 *P* 共 2 段,第一段为 3 天,第二段为 2 天,总持续时间为 5 天。

(3)如果不分段,则只填持续时间总数。如图 3-66 中工作 *B* 的持续时间为 2 天,不分段。

(4)如果有的工作的总时间中有“中断时间”,即工作的总时间内并非连续。在这种情况下,称为该工作的“延续时间”,其中包括“中断时间”在内,则同样要在该工作的节点中加以注明。

4. 流水网络计划是以单代号网络的形式来表示。图中相邻工作的关系,如果是一般网络计划的衔接关系,即紧前工作完成后,相继进行紧后工作。在关键线路上,相邻工作是紧密衔接的(如图 3-66 中工作 *A*、*B*);而在非关键线路上,相邻工作之间,可以有停歇时间(如图 3-66 中 *T*、*U* 等)。

5. 流水网络的节点表现形式如图 3-65 所示。

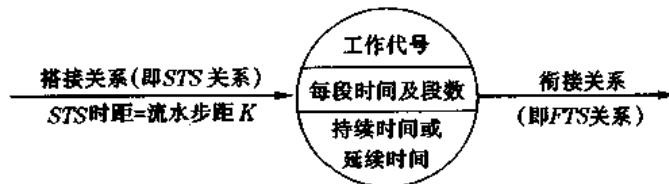


图 3-65 流水网络节点表示形式

6. 流水网络计划的每个节点上部标以时间参数,总时差 *TF* 为零的工作相连接即关键线路。

(三)流水网络计划示例

例题 3-9 图 3-66 为流水网络示例,共有 10 个工作(*A*、*B*、*C*、 \cdots 、*U*),根据该工程的工艺流程、持续时间、延续时间、相邻工作的搭接关系绘制。

节点的时间计算要点:

1. 每个节点的时间参数分别在节点上部填入 $\frac{ES}{LS} | \frac{EF}{LF}$ 及 *TF* 值;

2. 最早开始时间 *ES* 计算按以下公式:

$$ES_j = ES_i + K \quad (3-78a)$$

$$ES_j = ES_i + t_i \quad (3-78b)$$

式中 t_i ——紧前工作的持续时间或延续时间。

当紧前工作是搭接流水连接关系,用公式(3-78a)计算;如果是一般衔接关系,用公式(3-78b)计算。

当有 2 个以上的紧前工作时,则取其最大值:

$$ES_i = \max(ES_{j_1}, ES_{j_2}, \dots, ES_{j_n}) \quad (3-79)$$

例如图 3-66 中节点 M 的紧前工作有 H 及 L 两个:

$$ES_{MH} = 8 + 4 = 12$$

$$ES_{ML} = 3 + 5 = 8$$

$$ES_M = \max(ES_{MH}, ES_{ML}) = \max(12, 8) = 12$$

3. 最迟开始时间 LS 的计算按以下公式:

$$LS_i = LS_j - K \quad (3-80a)$$

$$LS_i = LS_j - t_i \quad (3-80b)$$

当有 2 个以上的紧后工作时,则取其最小值

$$LS_i = \min(LS_{j_1}, LS_{j_2}, \dots, LS_{j_n}) \quad (3-81)$$

例如图 3-66 中节点 D 的紧后工作有 E、F、T 三个:

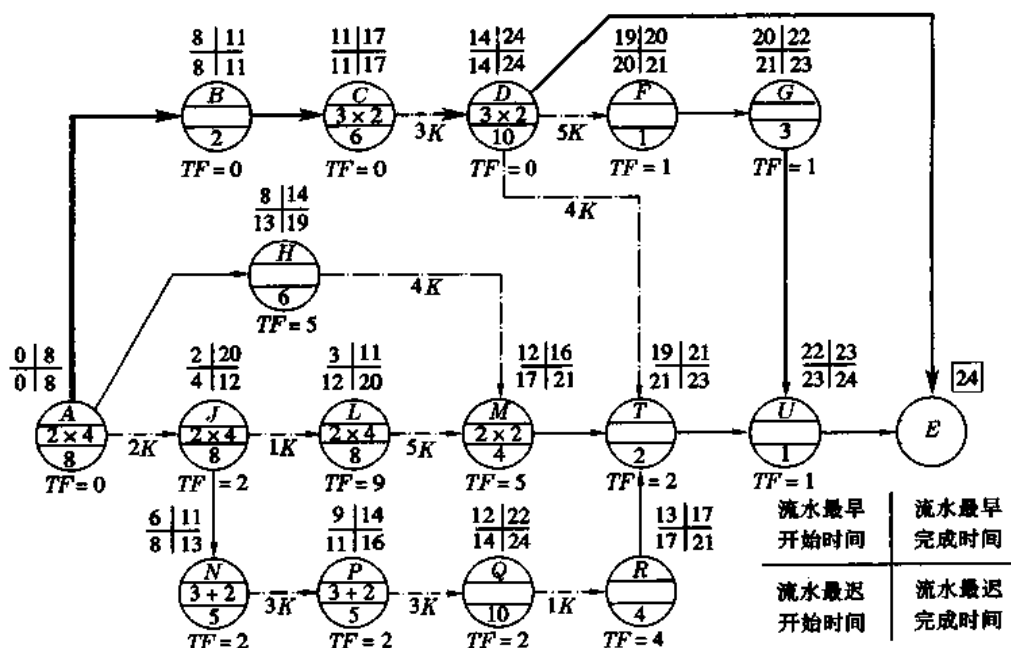


图 3-66 单代号流水网络计划示例

$$LS_{DE} = LS_E - t_D = 24 - 10 = 14$$

$$LS_{DF} = LS_F - K_{DF} = 20 - 5 = 15$$

$$LS_{DT} = LS_T - K_{DT} = 21 - 5 = 16$$

$$LS_D = \min(LS_{DE}, LS_{DF}, LS_{DT}) = \min(14, 15, 16) = 14$$

4. 最早完成时间 EF 计算按以下公式:

$$EF_i = ES_i + K_i \quad (3-82)$$

$$EF_i = ES_i + t_i \quad (3-83)$$

5. 最迟完成时间 LF 计算按以下公式:

$$LF_i = LS_i + K_i \quad (3-84)$$

$$LF_i = LS_i + t_i \quad (3-85)$$

网络计划图中各工作最早完成时间 EF 的最大值,即为网络计划的总工期。如图 3-66 中 D 点的 EF 为 24 天(最大值),将节点 D 及 U 与终点 E 连接,总工期为 24 天。

6. 在流水网络计划中任何一个工作的最迟完成时间 LF ,都不能超过总工期(图 3-66 中为 24 天),如果在流水网络计划中发生某工作的 LF 超过总工期时,在这种情况下,只能调整该工作的 LS ,而使 LF 等于总工期。这种情况,只有当本工作的持续时间较长,超过紧后工作的持续时间,并且本工作的流水步距 K 小于本工作的持续时间时,才会出现。例如图 3-66 中工作 Q 的 LS 按公式(3-80)计算为:

$$LS_Q = LS_R - K = 17 - 1 = 16$$

$$LF_Q = LS_Q + t_Q = 16 + 10 = 26 > 24$$

此时,必须调整 LS_Q ,减少 $26 - 24 = 2$ 天

$$LS_Q = 16 - 2 = 14$$

才能保证工作 Q 不致超过总工期 24 天。

7. 在流水网络计划中的总时差 TF 计算与一般网络计划相同。由于流水网络是考虑各专业工种在各施工段中的均匀流水,因此,在非关键路线上的总时差,不能任意使用。当动用时差时,必须考虑后续工作的时间,在时差范围内相应调整。

总时差为零的工作相连接,即该网络计划的关键线路。图 3-66 中 $\textcircled{A}-\textcircled{B}-\textcircled{C}-\textcircled{D}-\textcircled{E}$ 是关键线路。

(四)流水网络计划用水平进度表示

在基层施工部门中应用水平进度表示的流水网络十分清晰而醒目,颇受施工人员的欢迎。

图 3-67 是图 3-66 的流水网络计划用水平进度形式的表示方式。各相邻工作的连接如果是搭接流水关系,则工作的起点之间用点划线箭线连接;如果相邻工作的连接关系是一般网络计划的衔接关系,则用直线箭线连接。

如果是分段流水的工作,应在水平进度上分别注明各段的时间。

流水网络的关键线路并非像一般网络计划中的相邻工作必须衔接,而在流水部分是搭接的。如同图 3-67 中的工作 C 与 D 属关键线路,却是流水搭接关系。

六、非肯定型网络计划

以上所介绍的网络计划均为肯定型网络计划,就是网络中各工作的持续时间是确切的,即肯定如期完成。

但在实际生产中,往往会遇到一些难以预见的因素和客观条件变化,从而影响工作的持续时间,也就是说,其持续时间为随机变量,应按随机过程进行分析。这种网络称为非肯定

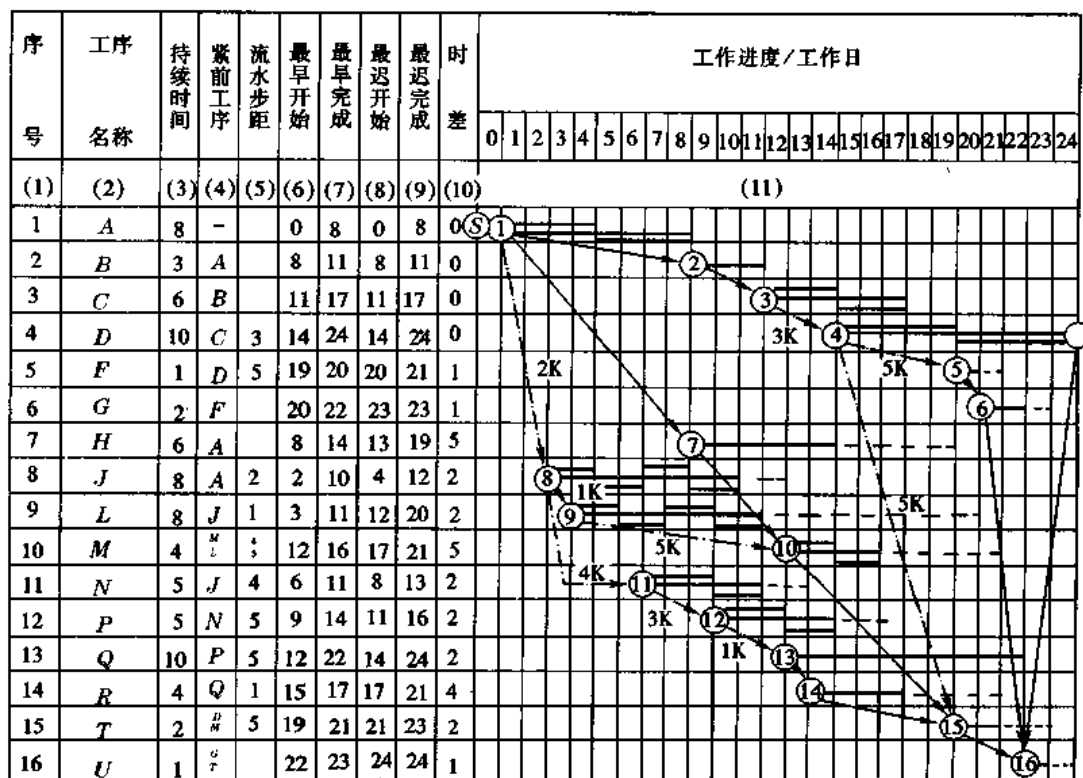


图 3-67 流水网络计划(图 3-66)用水平进度表示方式示例

型网络。因此,一般来说,非肯定型的问题更为常见。

计划评审方法(Program evaluation and review technique 简称 PERT)是常用的一种非肯定型网络。

(一)工作时间的分析及其随机过程的频率分布

在计划评审法中各工作的时间有以下三种情况,见表 3-21。

表 3-21 计划评审法的工作时间

序号	名称	表示符号	说明
1	最乐观的时间	<i>a</i>	即完成该工作最短的估计时间
2	最悲观的时间	<i>b</i>	即完成该工作最长的时间或称最保守的估计时间
3	正常时间	<i>c</i>	即完成该工作最大可能的时间,或称完成机会最多的估计时间

上述 *a*、*b*、*c* 三种时间是随机过程出现频率分布的三个有代表性的数值。该频率分布的主要特点是所有可能估计值,均位于 *a* 和 *b* 两边界之间。如果将该随机过程进行若干次,可以得到出现若干个不同频率的三种时间估计值,位于 *a* 和 *b* 为界的区间内,见图 3-68 所示。如果该过程进行许多次,则图 3-68 所示出现的频率,将趋于一条连续的频率分布曲线,称为正态分布曲线,见图 3-69 所示。

按正态分布分析,可使计算大为简化,并可估计出实现的概率,对计划的执行作出预测。

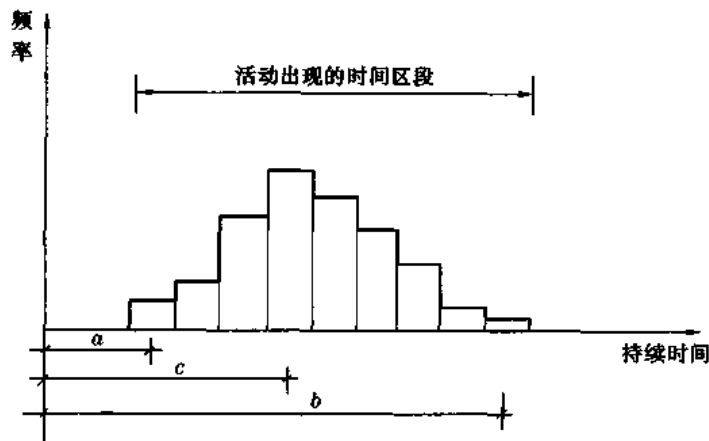


图 3-68 三种时间估计值的频率分布

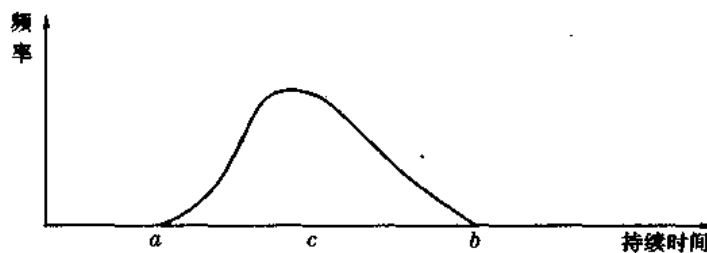


图 3-69 三种时间估计值的正态分布曲线

计划评审法是根据概率统计理论,先求出活动的平均时间 T_m ,并根据概率分布规律确定各种时间参数出现的频率,作出客观的预测。

(二)平均持续时间 T_m 的计算

对工作的三种时间(a 、 b 、 c)作如下讨论并计算出 T_m :

1.假定工作出现的时间估计值中,出现机会最多的估计时间 c 的可能性两倍于 a 的可能性,用加权平均,在 a 、 c 之间的平均值 T_{ac} 为

$$T_{ac} = \frac{a+2c}{3} \quad (3-86)$$

2.同理,在 c 、 b 之间的平均值 T_{cb} 为

$$T_{cb} = \frac{b+2c}{3} \quad (3-87)$$

3.完成该工作时,将 a 、 c 之间的平均值 T_{ac} 与 c 、 b 之间的平均值 T_{cb} 各以 $\frac{1}{2}$ 可能性出现的分布来代表,即可求出活动的平均持续时间 T_m :

$$T_m = \frac{1}{2} \left(\frac{a+2c}{3} + \frac{b+2c}{3} \right) = \frac{a+4c+b}{6} \quad (3-88)$$

(三)持续时间的离散性分析

某项工作的离散程度,可用方程(σ_i^2)来衡量。方差大,说明离散程度大,实现的概率小;方差小,说明离散程度小,实现的概率大。

方差 σ_i^2 按下式计算:

$$\begin{aligned}\sigma_i^2 &= \frac{1}{2} \left[\left(\frac{a+4c+b}{6} - \frac{a+2c}{3} \right)^2 + \left(\frac{a+4c+b}{6} - \frac{b+2c}{3} \right)^2 \right] \\ &= \left(\frac{b-a}{6} \right)^2\end{aligned}\quad (3-89)$$

对整个网络计划来讲,可通过该网络计划的关键线路上的方差 σ_i^2 ,求得总方差的平方根,即称为标准离差 σ ,即:

$$\text{标准离差 } \sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (3-90)$$

式中 $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_n^2$ ——分别表示网络计划的关键线路上的各工作的方差。

根据标准离差 σ 来计算网络计划实现的可行程度。

设 M 为网络计划的关键线路上各工作持续时间之和, T 为规定计划完成网络计划的期限,根据标准离差 σ 就可计算出所规定的计划完成期限之前,完成该网络计划的可能性值(λ)。 λ 值可按下式计算:

$$\lambda = \frac{T - M}{\sqrt{\sum \sigma_i^2}} \quad (3-91)$$

式中: $\sum \sigma_i^2$ 为网络计划的关键线路上各工作方差之和。

根据计算所得的 λ 值,查概率表(表 3-22)得到相应的概率,这就是根据规定网络计划完成的期限 T ,实现该网络计划的概率 P 。

表 3-22 概率表

λ	P	λ	P	λ	P	λ	P
0.0	0.5000	-1.6	0.0548	+0.1	0.5398	+1.7	0.9554
-0.1	0.4602	-1.7	0.0446	+0.2	0.5793	+1.8	0.9641
-0.2	0.4207	-1.8	0.0359	+0.3	0.6179	+1.9	0.9713
-0.3	0.3821	-1.9	0.0287	+0.4	0.6554	+2.0	0.9770
-0.4	0.3446	-2.0	0.0228	+0.5	0.6915	+2.1	0.9821
-0.5	0.3085	-2.1	0.0179	+0.6	0.7257	+2.2	0.9861
-0.6	0.2743	-2.2	0.0139	+0.7	0.7580	+2.3	0.9893
-0.7	0.2420	-2.3	0.0107	+0.8	0.7881	+2.4	0.9918
-0.8	0.2119	-2.4	0.0082	+0.9	0.8159	+2.5	0.9938
-0.9	0.1841	-2.5	0.0062	+1.0	0.8413	+2.6	0.9953
-1.0	0.1587	-2.6	0.0047	+1.1	0.8643	+2.7	0.9965
-1.1	0.1357	-2.7	0.0035	+1.2	0.8849	+2.8	0.9974
-1.2	0.1151	-2.8	0.0026	+1.3	0.9032	+2.9	0.9981
-1.3	0.0968	-2.9	0.0019	+1.4	0.9192	+3.0	0.9987
-1.4	0.0808	-3.0	0.0014	+1.5	0.9332		
-1.5	0.0668	0.0	0.5000	+1.6	0.9452		

(四) 计划评审法计算示例

例题 3-10 已知某非肯定型网络图如图 3-70 所示, 试根据公式(3-88)计算各工作的平均持续时间 T_m , 分别注在图 3-70 各箭线下面。

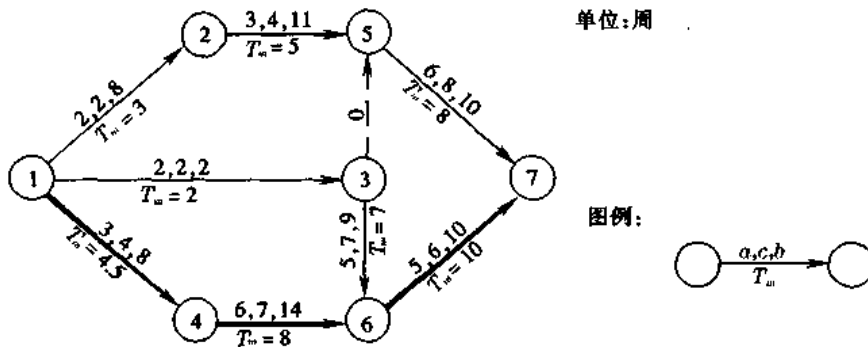


图 3-70 某非肯定型网络图示例

解 仍用前述一般双代号网络计划的时间计算方法, 计算出各工作的时间参数, 并确定关键线路为: ①—④—⑥—⑦。

求关键线路上的方差 σ_i^2 (见表 3-23) 及概率 (见表 3-24)。

网络计划的关键线路上各工作持续时间之和 $M = 4.5 + 8 + 6.5 = 19$ 周, 关键线路上各工作的方差之和 $\sum \sigma_i^2 = \frac{144}{36}$, 见表 3-23。

根据不同的规定计划完成时间 T_i , 可求得不同的概率 P_i , 见表 3-24 所示。

表 3-23 关键线路上各工作的方差 σ_i^2 和 $\sum \sigma_i^2$

工作号	①—④	④—⑥	⑥—⑦	总计
持续时间平均值 T_m	4.5 周	8 周	6.5 周	$M = 19$ 周
方差 σ_i^2 $\sigma_i^2 = (\frac{b-a}{6})^2$	$(\frac{8-3}{6})^2 = (\frac{5}{6})^2$	$(\frac{14-6}{6})^2 = (\frac{8}{6})^2$	$(\frac{10-5}{6})^2 = (\frac{5}{6})^2$	关键线路上各工作的方差和 $\sum \sigma_i^2 = \frac{144}{36}$

表 3-24 由 λ 求得概率 P_i

序号	规定计划完成的时间 T_i /周	网络计划关键线路的总时间 M /周	$\lambda = \frac{T_i - M}{\sqrt{\sum \sigma_i^2}}$	概率 P_i
1	19	19	0	0.500 0
2	20.8	19	+0.9	0.815 9
3	22.6	19	+1.8	0.964 1
4	17.2	19	-0.9	0.184 1
5	15.4	19	-1.8	0.035 9

例题3-11 已知某非肯定型网络图(图 3-71)已计算出各活动的平均持续时间 T_m , 方差 σ_i^2 , 设规定工期为 109 天。

试计算网络计划的以下时间参数:

- (1) 最早开始时间 ES;
- (2) 最迟开始时间 LS;
- (3) 时差 TF;
- (4) 线路累计方差和 $\sum \sigma_i^2$;
- (5) 概率 P。

解 网络计划时间计算结果见图 3-72 所示。

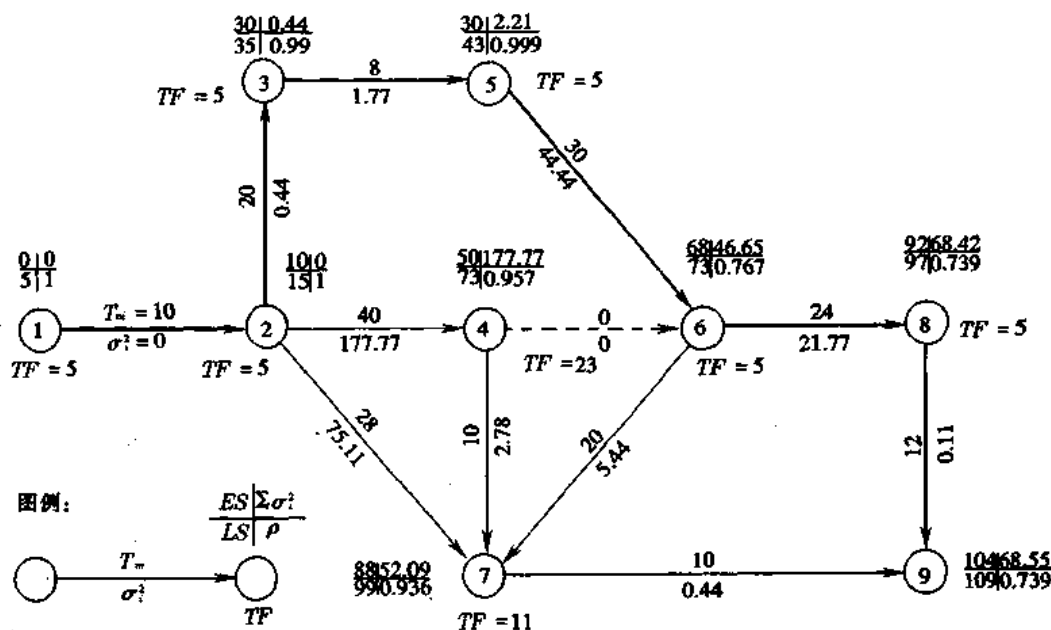


图 3-71 非肯定型网络图示例

以下将各时间参数、方差和、时差及概率等计算过程摘要说明如下:

(1) 最早开始时间 ES

节点②的最早开始时间:

$$ES_2 = ES_1 + T_{1-2} = 0 + 10 = 10$$

节点⑦的最早开始时间:

$$ES_7 = \max[ES_2 + T_{2-7}, ES_4 + T_{4-7}, ES_6 + T_{6-7}]$$

$$= \max[10 + 28, 50 + 10, 68 + 20] = 88$$

(2) 线路累计方差和 $\sum \sigma_i^2$

节点⑤的 $\sum \sigma_i^2 = \sum \sigma_{2-3}^2 + \sigma_{3-5}^2 = 0.44 + 1.77 = 2.21$

节点⑦的 $\sum \sigma_i^2$ 计算:

由于节点⑦的最早开始时间 ES_7 是取⑦紧前的最大值工作⑥→⑦, 因此, $\sum \sigma_i^2$ 必须取用⑥→⑦:

$$\sum \sigma_i^2 = \sum \sigma_6^2 + \sigma_{6-7}^2 = 46.65 + 5.44 = 52.09$$

(3)最迟开始时间 LS

终点⑨的最早开始时间 $ES_9 = 104$ 天。根据一般网络计划,终点的 $ES_{终} = LS_{终}$ 。但本例题规定工期 $M = 109$ 天。因此,终点的~~最迟开始时间~~ $LS_{终} = 109$ 天。同样倒退计算各节点的 LS 。

例如:节点⑥的最迟开始时间 LS_6 :

$$\begin{aligned} LS_6 &= \min[LS_8 - T_{6-8}, LS_7 - T_{6-7}] \\ &= \min[97 - 24, 99 - 20] = 73 \end{aligned}$$

(4)时差 TF 计算,按下式计算:

$$TF = LS - ES$$

(5)关键线路

一般网络计划的关键线路,是时差 TF 为零的节点的连线。由于本例规定工期与实际计算工期相差 $109 - 104 = 5$ 天,因此,凡 $TF = 5$ 的连线即关键线路。故本例关键线路为:

①—②—③—⑤—⑥—⑧—⑨。

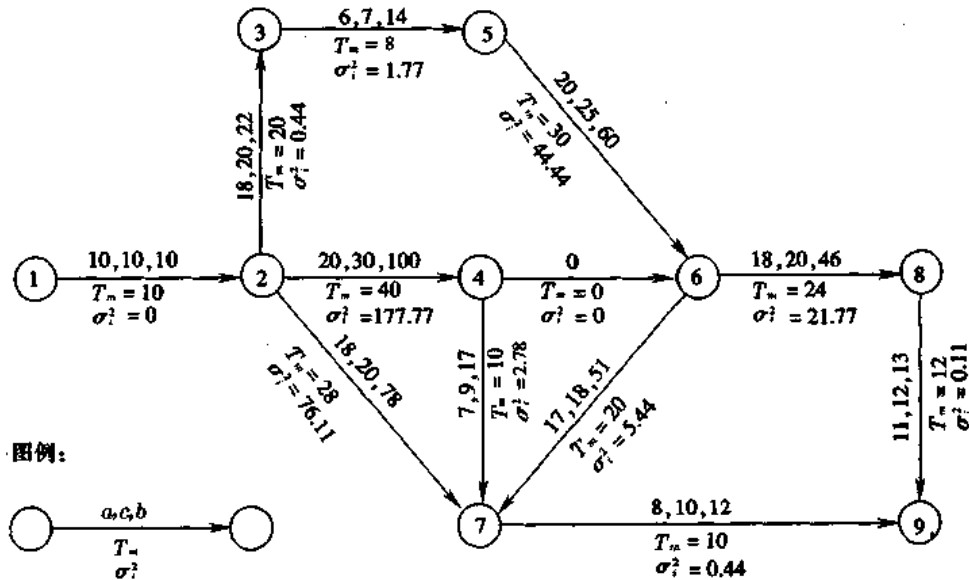


图 3-72 网络计划计算结果示例

(6)计算各节点概率 P

举节点⑨为例:

按下式计算 λ 值:

$$\lambda = \frac{TF}{\sqrt{\sum \sigma_i^2}} = \frac{5}{\sqrt{68.53}} = 0.604$$

查表 3-22 得概率 $P = 0.7389$ 。

节点⑥:

$$\lambda = \frac{5}{\sqrt{46.65}} = 0.73$$

查表 3-22 得概率 $P=0.7673$ 。

节点④：

$$\lambda = \frac{23}{\sqrt{177.77}} = 1.72$$

查得概率 $P=0.9564$ 。

第六节 网络计划优化

在现代化的计划管理中,使用网络计划如果仅仅用来计算工期和资源是不够的。网络计划必须根据主、客观的实际条件,合理安排时间和资源,在满足工期要求的同时使消耗最小,取得的经济效果最大,这就是网络计划的优化。网络计划的优化有以下主要方面:

1. 在现有条件的限制下,要求工期最短;
2. 在规定的工期内,要求资源最均衡;
3. 加快工期而费用最少等。

网络计划是利用时差来实现优化,网络计划的优化是建立在许多次反复计算的基础上的,计算过程十分繁琐。当网络计划的箭线数较多时,用人工计算优化是无能为力的,必须要借助电子计算机。根据国外一些资料认为,当超过 50 个活动时,若用手算,在时间和经济上都几乎不允许。因此,现代化的管理中,计算网络计划必须与电算密切结合。以下将有关网络计划优化的主要内容介绍如下:

一、工期优化

当计算工期大于要求工期时,可通过压缩关键工作的持续时间满足工期要求。

(一)工期优化的计算步骤

工期优化的计算,应按下述规定步骤进行:

- (1) 计算并找出网络计划中的关键线路及关键工作;
- (2) 按要求工期计算应缩短的时间;
- (3) 确定各关键工作能缩短的持续时间;
- (4) 选择关键工作,调整其持续时间,并重新计算网络计划的计算工期;
- (5) 若计算工期仍超过要求工期,则重复以上步骤,直到满足工期要求或工期已不能再缩短为止;
- (6) 当所有关键工作的持续时间都已达到其能缩短的极限而工期仍不满足要求时,应遵照规定对计划的原技术、组织方案进行调整或对要求工期重新审定。

(二)宜缩短持续时间的关键工作的选择

选择应缩短持续时间的关键工作宜考虑下列因素:

- (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的费用最少的工作。

(三)按工期优化网络计划的方法

当一个工程项目的要求工期已确定时,施工单位应根据这个规定工期来编制网络计划,一般不得超过所规定的要求工期。但是比规定的要求工期减少过多,也并非合理,因为这意味着人力物力不必要的过分集中,势必引起直接费用的增加,也就是会提高成本。故最短工期显然不是最优工期。因此对超过或者短于要求工期的网络计划必须要加以调整。这个调整工作用人工调整比较费事,应用电子计算机不仅可根据要求工期来计算网络计划的时间,并能自动调整。

根据网络计划中每项工作的工程量、现行定额及合理的劳动组合,可按下列公式计算出该工作正常的持续时间 D_{ij} 。

$$D_{ij} = \frac{Q_{ij}}{N_{ij} \cdot n} \quad (3-92)$$

式中 D_{ij} ——该工作的持续时间;
 Q_{ij} ——完成该工作的劳动量(工日);
 N_{ij} ——参加该工作每班的工人数;
 n ——工作班数。

如果要调整网络计划的工期,即调整各项工作的持续时间 D_{ij} 。通常在已合理选择好某一施工方案的基础上,除了能计算出各工作正常的持续时间 D_{i-j} 以外,还可以确定该工作持续时间的极小和极大值。即

$$D_{i-j}^0 \leq D_{i-j}^N \leq D_{i-j}^L \quad (3-93)$$

式中 D_{i-j}^0 ——工作最短的持续时间;
 D_{i-j}^L ——工作最长的持续时间;
 D_{i-j}^N ——工作正常的持续时间。

D_{i-j}^0 与 D_{i-j}^L 根据各项工作的具体条件而定,要力求合理,否则会导致由于工作面过小而影响工效,或人力过少而影响工作的进展。

计算网络计划各工作的时间参数首先采用各工作的正常持续时间 D_{i-j}^N , 从而计算出整个网络计划的总工期 T_c , 然后鉴别网络计划的总工期 T_c 是否大于该项目规定的要求工期 T_r 。当发现 $T_c > T_r$ 时,说明该网络计划的工期不符合规定要求,需加以修改。修改的方法是在网络计划中关键线路上的各工作逐个用 D_{i-j}^0 代替相应的 D_{i-j}^N , 然后再重新计算网络计划的工期。在关键线路上,每代替一个(或几个) D_{i-j}^0 值,立即算一次工期,一直计算到 $T_c = T_r$ 为止。这样网络计划的工期就与规定的工期完全一致。

如果当 $T_c < T_r$ 较多时,则在关键线路上的工作中,用 D_{i-j}^L 代替相应的 D_{i-j}^N , 重新计算工期,一直算到与要求工期相同为止。显然这种方法用手算是十分繁琐的,如用电算则是十分方便的迭代和累加过程。

当 $T_c > T_r$ 较多时,在网络计划中的 D_{i-j}^0 已全部代完,还不能满足工期要求,则就先输出该网络计划可能的最短工期,然后再采取其他缩短工期的措施。

如果 $T_c < T_r$ 较多,在关键线路上的 D_{i-j}^L 全部代完,还不能满足工期要求时,同样可在非关键线路上以 D_{i-j}^L 继续取代相应的 D_{i-j}^N 进行计算,直至达到符合要求工期为止。在非关键线路上以 D_{i-j}^N 代替相应的工作要符合以下条件:

$$D_{i-j}^L - D_{i-j}^N > TF \quad (3-94)$$

TF 是总时差,上式是非关键工作可能转变为关键工作的必要条件。不具备这个条件的非关键工作,即使以 D_{i-j}^L 取代其 D_{i-j}^N ,仍然不会改变关键线路,对工期没有影响。当网络计划中工作的 D_{i-j}^N 全部取代完后,尚不能得到与要求工期相同的结果,则最后输出该网络计划的可能最长工期及相应的关键线路。

二、资源优化

(一)资源优化的种类

建筑施工中所谓的资源是对为完成任务所需的人力、材料、机械设备和资金等的统称。资源优化可分为以下两类问题:

1. 资源有限、工期最短

资源有限、工期最短的优化问题又可分为两类:

(1)资源强度(指一项工作在单位时间内所需的某种资源数量)固定、工期最短。这类问题是指网络计划需要多种不同的资源,每天每种资源都有一定的供应数量,每一项工作只需要其中一种资源,且单位时间需要强度是固定的。问题就是在资源供应有限制的条件下,要求保持预先规定的施工工艺顺序,寻求整个计划工期最短的方案。

(2)资源强度可变、工期最短。资源强度可变的工作,其持续时间也是一个变量。工作可能得到的资源强度越小,自然就导致其持续时间越长。整个计划的工期也是可变的。这里优化的目标是研究有限资源在各项工作之间的分配原则,寻求在资源有限条件下工期最短的计划方案。

2. 工期固定、资源均衡

这种优化的前提是工期不变,使资源需要强度尽量做到变化最小,接近于资源需要量的平均值,这既可有利于施工组织与管理,又可取得好的经济效益。

(二)资源优化的原则

1. 资源有限、工期最短的优化,宜逐日作资源检查,当出现第 t 天资源需用量 Q_t 大于资源限量 Q 时,应进行计划调整。所谓资源需用量是指网络计划中各项工作在某一单位时间内所需某种资源数量之和,资源限量是指单位时间内可供使用的某种资源的最大数量。

调整计划时,应对资源冲突的诸工作做新的顺序安排。顺序安排的选择标准是工期延长时间最短,其值的计算应符合下列规定:

对双代号网络计划

$$\Delta D_{m'-n',i-j} = \min |\Delta D_{m-n,i-j}| \quad (3-95)$$

$$\Delta D_{m-n,i-j} = EF_{m-n} - LS_{i-j} \quad (3-96)$$

式中 $\Delta D_{m'-n',i-j}$ ——在各种顺序安排中,最佳顺序安排所对应的工期延长时间的最小值,它要求将 LS_{i-j} 最大的工作 $i-j$ 安排在 $ES_{m'-n'}$ 最小的工作 $m'-n'$ 之后进行;

$\Delta D_{m-n,i-j}$ ——在资源冲突的诸工作中,工作 $i-j$ 安排在工作 $m-n$ 之后进行,工期所延长的时间。

对单代号网络计划

$$\Delta D_{m',i'} = \min\{\Delta D_{m,i}\} \quad (3-97)$$

$$\Delta D_{m,i} = EF_m - LS_i \quad (3-98)$$

式中 $\Delta D_{m',i'}$ ——在各种顺序安排中,最佳顺序安排所对应的工期延长的时间的最小值,它要求将 LS_i 最大的工作 i' 安排在 EF_m 最小的工作 m' 之后进行;

$\Delta D_{m,i}$ ——在资源冲突的诸工作中,工作 i 安排在工作 m 之后进行,工期所延长的时间。

2. 资源有限、工期最短优化的计划调整,应按下述规定步骤调整工作的最早开始时间:

(1) 计算网络计划每天资源需要量;

(2) 从计划开始日期起,逐日检查每天资源需用量是否超过资源限量,如果在整个工期内每天均能满足资源限量的要求,可行优化方案就编制完成,否则必须进行计划调整;

(3) 分析超过资源限量的时段(每天资源需用量相同的时间区段),计算 $\Delta D_{m'-n',i'-j'}$ 或计算 $\Delta D_{m',i'}$ 值,依据它确定新的安排顺序;

(4) 若最早完成时间 $EF_{m'-n'}$ 或 $EF_{m'}$ 最小值和最迟完成时间 $LF_{i'-j'}$ 或 $LF_{i'}$ 最大值同属一个工作,应找出最早完成时间 $EF_{m'-n'}$, 或 $EF_{m'}$ 值为次小,最迟完成时间 $LF_{i'-j'}$ 或 $LF_{i'}$ 值为次大的工作,分别组成两个顺序方案,再从中选取较小者进行调整;

(5) 绘制调整后的网络计划,重复上述 1 至 4 步骤直到满足要求。

3. 工期固定、资源均衡优化可用削高峰法(利用时差降低资源高峰值),获得资源消耗量尽可能均衡的优化方案。

4. 削高峰法应按下述规定步骤进行:

(1) 计算网络计划每天资源需用量;

(2) 确定削峰目标,其值等于每天资源需用量的最大值减一个单位量;

(3) 找出高峰时段的最后时间 T_h 及有关工作的最早开始时间 ES_{i-j} (或 ES_i) 和总时差 TF_{i-j} (或 TF_i);

(4) 按下式计算有关工作的时间差值 ΔT_{i-j} 或 ΔT_i :

对双代号网络计划

$$\Delta T_{i-j} = TF_{i-j} - (T_h - ES_{i-j}) \quad (3-99)$$

对单代号网络计划

$$\Delta T_i = TF_i - (T_h - ES_i) \quad (3-100)$$

优先以时间差值最大的工作 $i-j$ 或工作 i 作调整对象,令 $ES_{i-j} = T_h$ 或 $ES_i = T_h$;

(5) 若峰值不能再减少,即求得资源均衡优化方案,否则,重复以上步骤。

(三) 资源有限、工期最短的优化

在编制网络计划时,必须从实际条件出发,要设法在各种资源(如总劳动力、专业劳动力、材料、设备等)的限制条件下,求得网络计划的最短工期。下面通过例题来讨论这一问题。

例题 3-12 图 3-73 为某工程项目的网络图,其原始数据见表 3-25。

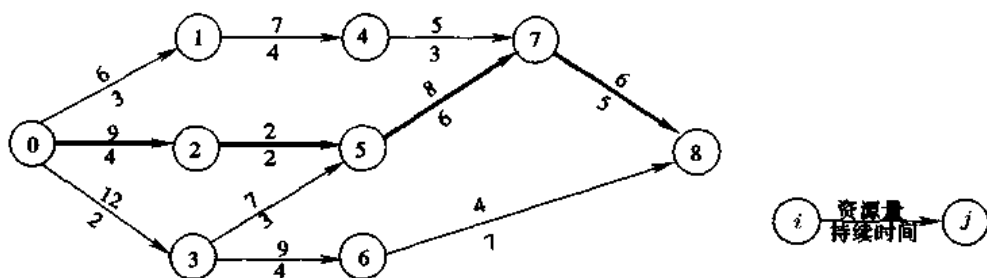


图 3-73 某工程项目的网络图示例

表 3-25 图 3-73 网络计划的时间参数计算表

工作编号	持续时间	ES	LF	TF	劳动力
①—①	3	0	5	2	6
①—②	4	0	4	0	9
①—③	2	0	3	1	12
①—④	4	3	9	2	7
②—⑤	2	4	6	0	2
③—⑤	3	2	6	1	9
③—⑥	4	2	10	4	7
④—⑦	3	7	12	2	5
⑤—⑦	6	6	12	0	8
⑥—⑧	7	6	17	4	4
⑦—⑧	5	12	17	0	6

图 3-74a 为根据以上数据绘制的水平进度。

图 3-74b 为根据以上数据绘制的劳动力需用量图,纵坐标表示劳动力数量,虚线为劳动力资源量限值,即 $R=22$ 。在 0~5 时间区段中的劳动力需要量均超过限值 22,因此需进行调整。

解

(1)调整时先从时间区段 0-2 开始,按工作(0-1),(0-2),(0-3)的顺序,将劳动量依次相加。

工作(0-1)+(0-2)的劳动量为: $6+9=15 < 22$

工作(0-1)+(0-2)+(0-3)的劳动量为: $6+9+12=27 > 22$

上述三个工作的劳动量之和超过了劳动量限值 22,需要进行工作转移,转移的次序按总时差大小排列,总时差数值大的首先转移。工作(0-1)的 TF 大,为 2 天,将工作(0-1)的开始时间向右移 2 天,然后将其紧后工作(1-4)和(1-4)的紧后工作(4-7)也相应右移 2 天。(1-4)和(4-7)的总时差原来均为 2 天,右移 2 天后总时差为 0,这样就构成了第二关键线路,即 0-1-4-7-8。图 3-75 为第一次调整后的水平进度。表 3-26 为原网络计划经第一次调整后的时间参数表。

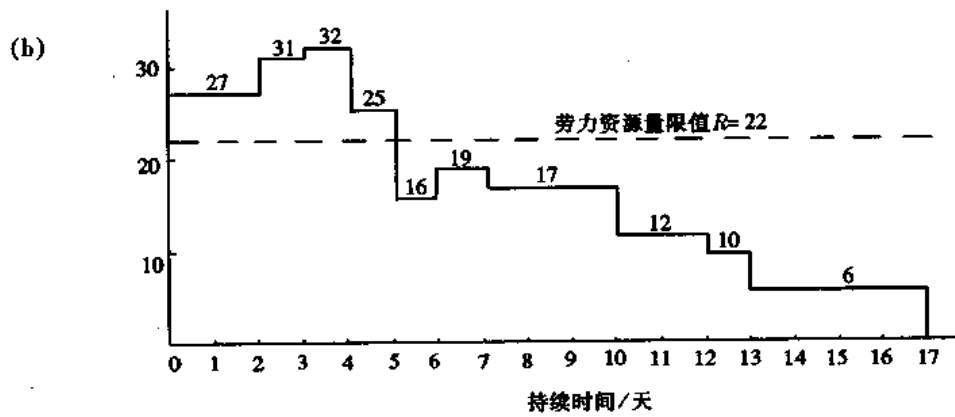
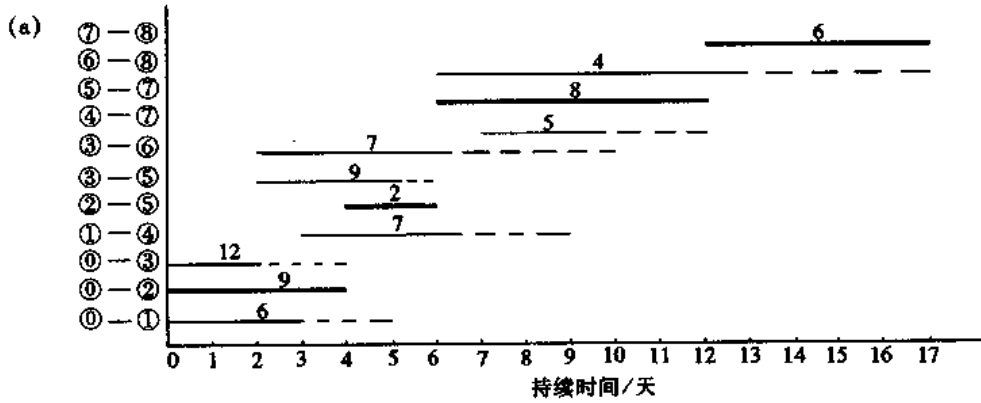


图 3-74 图 3-73 网络计划的水平进度及劳动力需要量图
 (a)水平进度(图中虚线为总时差 TF,粗实线为关键线路); (b)劳动力需要量图

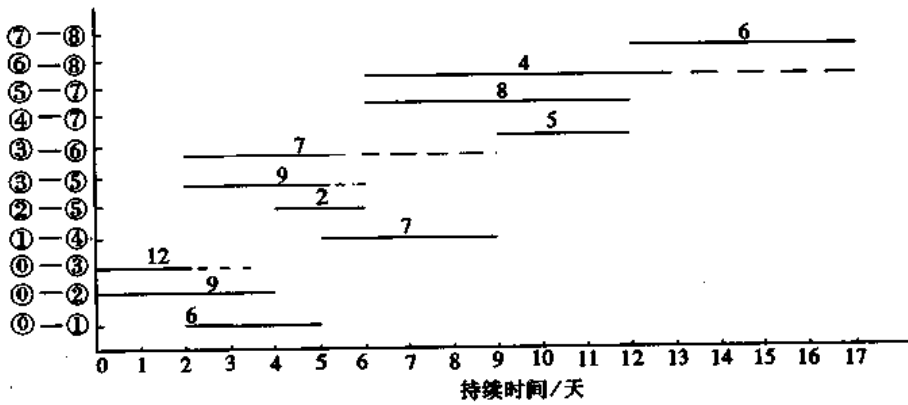


图 3-75 经第一次调整后的水平进度

表 3-26 第一次调整后的时间参数表

工作编号	持续时间	ES	LF	TF	劳动力
①—①	3	2	5	0	6
①—②	4	0	4	0	9
①—③	2	0	3	1	12
①—④	4	5	9	0	7
②—⑤	2	4	6	0	2
③—⑤	3	2	6	1	9
③—⑥	4	2	10	4	7
④—⑦	3	9	12	0	5
⑤—⑦	6	6	12	0	8
⑥—⑧	7	6	17	4	4
⑦—⑧	5	12	17	0	6

(2)分析时间区段(2-4)。先计算各工作的劳动量之和:

$$(0-2) + (0-1) = 9 + 6 = 15 < 22$$

$$(0-2) + (0-1) + (3-5) = 9 + 6 + 9 = 24 > 22$$

$$(0-2) + (0-1) + (3-5) + (3-6) = 9 + 6 + 9 + 7 = 31 > 22$$

在时间区段(2-4)中,根据劳动量限值要求将工作(3-5)转移,共需转移2天,但工作(3-5)的时差为1天,因而时差将出现1天重叠现象,其后续工作(5-7)及(7-8)的时差均等于0,故此转移不能收效。除非将总工期延长1天,改为18天。图3-76为第二次调整后的水平进度。

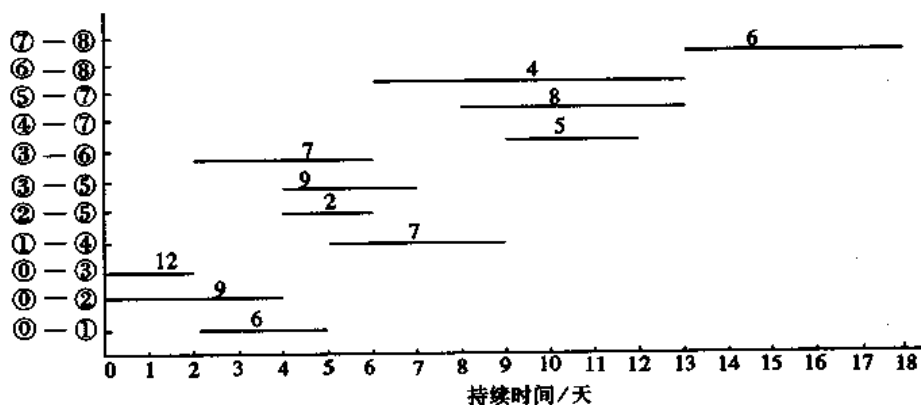


图 3-76 第二次调整后的水平进度

(3)分析时间区段(4-5)。只要将工作(2-5)向右移动1天,则

$$(0-1) + (3-5) + (3-6) = 6 + 9 + 7 = 22 = \text{劳动量限值 } 22$$

(4)分析时间区段(5-6)。将工作(1-4)及其紧后工作(4-7)各右移1天,则

$$(2-5) + (3-5) + (3-6) = 2 + 9 + 7 = 18 < 22$$

按这样的方法进行调整后,求得进度表的最终形式,如图3-77a所示。图3-77b为最

后确定的劳动力需要量。

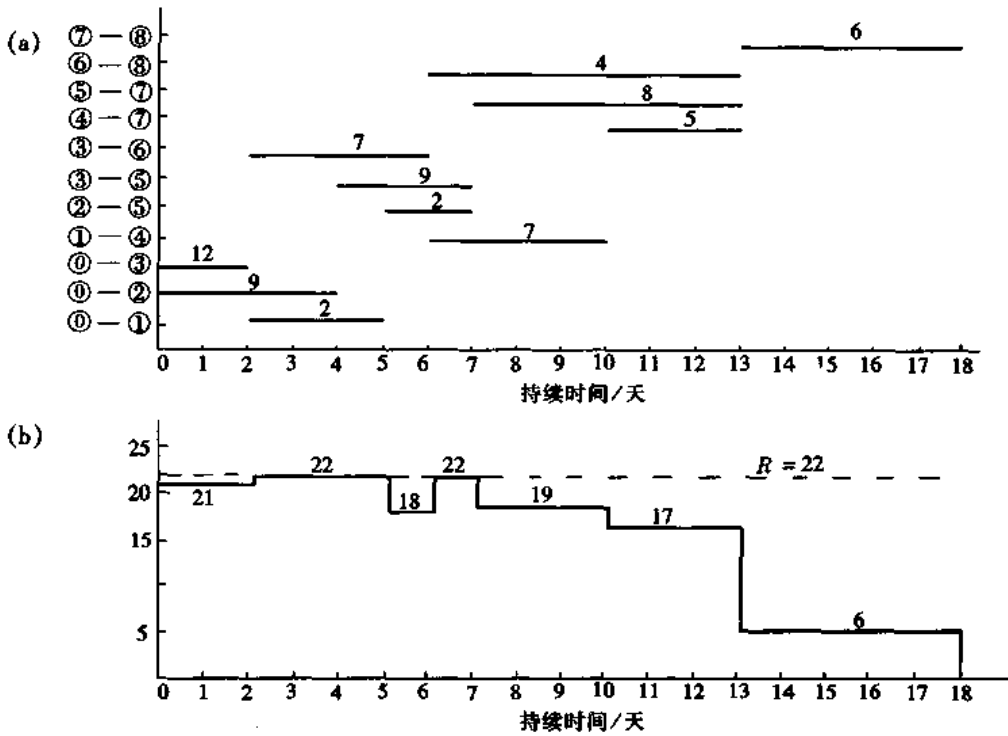


图 3-77 最终调整后的水平进度及劳动力需要量图

(a)水平进度; (b)劳动力需要量图

在有限资源的条件下,求最短工期的调整工作到此结束。另外,在网络计划中的某些非关键工作,尚可根据其总时差作适当的调整,但是,这种调整并不会缩短工期,只能求得另一个资源量分配图。如何调整?这要根据资源供应的实际情况来决定。

图 3-78a 是对图 3-77b 中某些非关键线路的工作,在总时差范围内调整之后所得的另一水平进度。

图 3-78b 是图 3-78a 水平进度的劳动力分配图。

(四)工期固定、资源均衡的优化

1. 在规定工期内使资源分配最优的网络计划

资源分配最优就是求资源分配最均衡的方案。衡量资源需要量的均衡性,可用“均方差”指标来判断。

(1)均方差概念

均方差 λ^2 是数理统计中的一个反映离散程度的统计指标,即在瞬时 t 需要的资源量与资源需要量的平均值之差的平方和。计算公式如下:

$$\begin{aligned} \lambda^2 &= \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T [R_i(t) - R_{CP}]^2 \\ &= \frac{1}{T} \left[\sum_{i=1}^T R_i^2(t) - \sum_{i=1}^T 2R_i(t)R_{CP} + \sum_{i=1}^T R_{CP}^2 \right] \\ &= \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T R_i^2(t) - R_{CP}^2 \end{aligned} \quad (3-101)$$

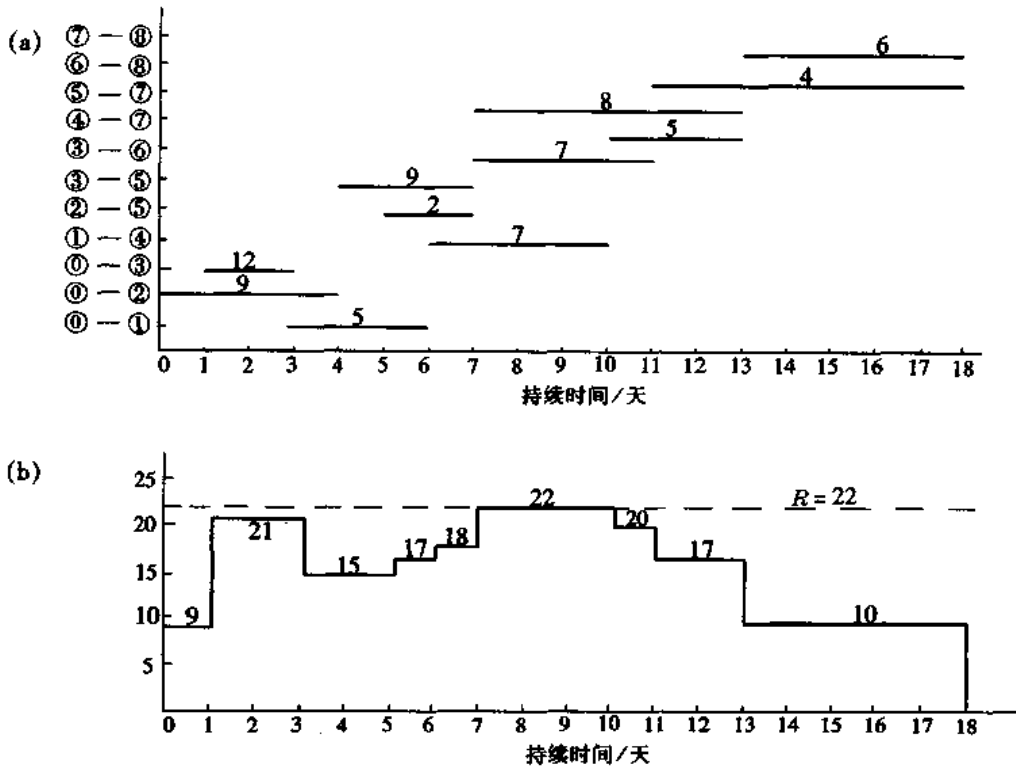


图 3-78 调整图 3-77 中某些非关键线路的工作后的水平进度和劳动力分配图
(a)水平进度; (b)劳动力分配图

式中 R_{CP} 为资源需要量的平均值; $R(t)$ 为在瞬时 t 需要的资源量; T 为规定工期。

由于 T 与 R_{CP} 均为常数,因此要使均方差 λ^2 值最小,即使 $\sum_{i=1}^T R_i^2(t)$ 值最小,在相同工期下比较,也就是使 $\sum_{i=1}^T R_i^2$ 值最小。即

$$\sum_{i=1}^T R_i^2 = R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + \dots + R_T^2 \text{ 最小}$$

式中 R_i 为表示第 i 单位时间的资源需要量。

例题 3-13 图3-79中 a、b、c 三图是表示某施工对象的三个网络计划的资源需要量曲线。这三个网络计划的工期相同,总资源量相同,但资源的均衡性不同。试分别计算出它们

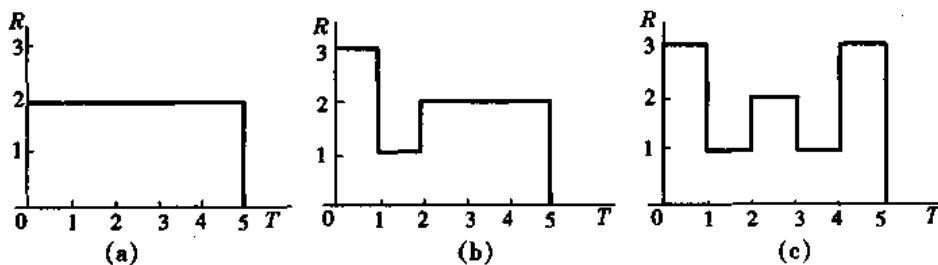


图 3-79 一个工程的 3 种资源需要量曲线

的 $\sum_{i=1}^T R_i^2$ 值,来判断哪一个的均衡性最好。

解 计算如下:

$$\text{a 图 } \sum_{i=1}^5 R_i^2 = 2^2 \times 5 = 20$$

$$\text{b 图 } \sum_{i=1}^5 R_i^2 = 3^2 + 1^2 + 2^2 + 2^2 + 2^2 = 22$$

$$\text{c 图 } \sum_{i=1}^5 R_i^2 = 3^2 + 1^2 + 2^2 + 1^2 + 3^2 = 24$$

根据计算, a 图的资源均衡性最好, b 图的次之, c 图的最差。

(2) 优化步骤与判断公式

在规定工期条件下,确定资源分配的最优网络计划,是根据均方差的影响来判断,优化步骤如下:

①根据已知的网络计划各参数,计算出网络计划的各种时间 (ES 、 LS 、 EF 、 LF 、 TF 等),找出关键线路并绘制水平进度图、资源需要量图及资源需要量动态曲线。

②将一个工作 (i, j) 右移一天,分析对资源总需要量计划均方差的影响(见图 3-80)。

工作 ①—①	进 度 日 程								
	1	2	...	K	...	L	L+1	...	
调整前				—————					
调整后 (右移一天后)					-----				

图 3-80 一个工作①—①右移一天示意图

因为要满足规定工期不变的条件,故关键线路上的工作不作调整。

假设:

r_{ij} ——工作①—①每天需要的资源数量;

K ——工作①—①右移前的开始时间;

L ——工作①—①右移前的结束时间;

R_k ——工作①—①右移前,第 K 天所需的资源数量;

R'_k ——工作①—①右移后,第 K 天所需的资源数量;

R_{L+1} ——工作①—①右移前,第 $L+1$ 天所需的资源数量;

R'_{L+1} ——工作①—①右移后,第 $L+1$ 天所需的资源数量。

因此,当工作①—①右移一天,则

$$R'_k = R_k - r_{ij} \quad (3-102)$$

$$R'_{L+1} = R_{L+1} + r_{ij} \quad (3-103)$$

从图 3-80 可知,当工作①—①右移一天,对资源总需要量计划的均方差只是与工作开始和结束时间区段有关,工作中间区段的资源需要量不变。其影响值 W_1 为

$$W_1 = \text{右移后的 } R^2 \text{ 值减去右移前的 } R^2 \text{ 值}$$

$$= (R_k'^2 + R_{L+1}'^2) - (R_k^2 + R_{L+1}^2) \quad (3-104)$$

将式(3-102)、式(3-103)代入式(3-104),得

$$\begin{aligned} W_1 &= (R_k - r_{ij})^2 + (R_{L+1} + r_{ij})^2 - R_k^2 - R_{L+1}^2 \\ &= (2R_k - r_{ij})(-r_{ij}) + (2R_{L+1} + r_{ij})r_{ij} \\ &= 2r_{ij}[R_{L+1} - (R_k - r_{ij})] \end{aligned} \quad (3-105)$$

因此,当公式(3-105)为负值时,即说明工作①—①右移一天后能使公式(3-101)所示的 $R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_T^2$ 值减小,也就是均方差减少就能使资源均衡性好。工作①—①能右移一天的判断式为

$$2r_{ij}[R_{L+1} - (R_k - r_{ij})] < 0 \quad (3-106)$$

同样是 $R_{L+1} - (R_k - r_{ij}) < 0 \quad (3-107)$

或 $R_{L+1} < R_k - r_{ij} \quad (3-108)$

工作①—①右移一天,如果符合式(3-107)、式(3-108),说明能够减小资源总需要量计划的均方差。否则,如果

$$R_{L+1} > R_k - r_{ij} \quad (3-109)$$

说明工作①—①不应再右移一天。

当出现 $R_{L+1} = R_k - r_{ij}$ 时,说明工作①—①右移一天后,均方差未变。遇到这种情况,可试探将工作①—①右移两天,看能否使均方差减少。如果可以,则在时差范围内继续右移。若右移两天后,均方差仍不减少或反而增加,则仍恢复到原来的位置,说明右移终止。

③将工作①—①右移两天,分析对资源总需要量计划均方差的影响。当工作①—①右移两天,从图3-81中可以看出第 K 、 $K+1$ 、 $L+1$ 、 $L+2$ 四天所需的资源数量将有变化,其余中间时间区段的资源需要量不变。即

工作 ①—①	进 度 日 程									
	1	2	...	K	$K+1$...	K	$L+1$	$L+2$...
调整前										
调整后 (右移两天后)						-----	-----	-----	-----	

图 3-81 一个工作①—①右移两天示意图

$$R_k' = R_k - r_{ij} \quad (3-102)$$

$$R_{k+1}' = R_{k+1} - r_{ij} \quad (3-110)$$

$$R_{L+1}' = R_{L+1} + r_{ij} \quad (3-103)$$

$$R_{L+2}' = R_{L+2} + r_{ij} \quad (3-111)$$

设工作①—①右移两天,资源总需要量计划的均方差影响值为 W_2 ,则

$$W_2 = R_k'^2 + R_{k+1}'^2 + R_{L+1}'^2 + R_{L+2}'^2 - (R_k^2 + R_{k+1}^2 + R_{L+1}^2 + R_{L+2}^2) \quad (3-112)$$

将公式(3-102)、(3-110)、(3-103)、(3-111)代入公式(3-112)并归纳后得

$$W_2 = 2r_{ij} \{ [R_{L+1} - (R_k - r_{ij})] + [R_{L+2} - (R_{k+1} - r_{ij})] \} \quad (3-113)$$

工作①—①能右移两天的判断公式为:

$$[R_{L+1} - (R_k - r_{ij})] + [R_{L+2} - (R_{k+1} - r_{ij})] < 0 \quad (3-114)$$

工作①—③右移两天后,如果符合公式(3-114),说明能够减小资源总需要量计划的均方差。然后再看右移三天结果如何,如果仍符合公式(3-114),可再继续右移,可以一直计算到总时差用完为止。当工作①—③的右移天数确定以后,就按上述同样的顺序考虑其它工作的右移。这样反复循环右移,直至所有工作的位置都不能再移动为止。

上述在规定工期之内求解资源分配最优的方法是一种近似求解法。

(3) 优化示例

例题 3-14 已知某网络计划(见图 3-82)的总工期规定为 14 天,在规定的工期之内,试编制资源需要量计划最优(即均方差最小)的进度计划。

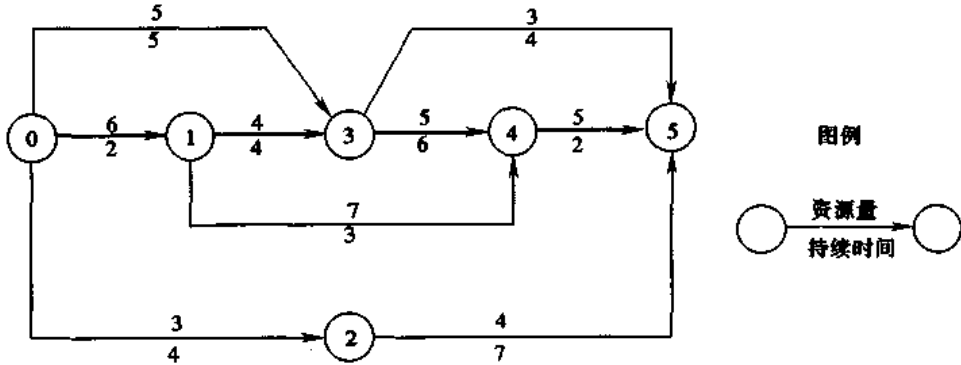


图 3-82 资源最优的网络计划示例

(图中箭杆上的数字为各工作每天需要的资源数量,箭线下的数字表示各工作的持续时间)

解 图 3-82 所示网络计划的时间计算结果见表 3-27。按最早开始时间(ES)的进度计划及资源需要量曲线见图 3-83。

表 3-27 图 3-82 所示网络计划的时间参数计算表

工作编号	持续时间	每天需要的资源数量	ES_{ij}	LS_{ij}	EF_{ij}	LF_{ij}	TF_{ij}
①—②	t_{ij}	r_{ij}					
①—①	2	6	0	0	2	2	0
①—②	4	3	0	3	4	7	3
①—③	5	5	0	1	5	6	1
①—③	4	4	2	2	6	6	0
①—④	3	7	2	9	5	12	7
②—⑤	7	4	4	7	11	14	3
③—④	6	5	6	6	12	12	0
③—⑤	4	3	6	10	10	14	4
④—⑤	2	5	12	12	14	14	0

解题步骤:

①第一次调整——对最终节点⑤的各工作②—⑤、③—⑤、④—⑤进行调整。其中工作④—⑤为关键线路上的工作,不能右移。工作③—⑤最迟开始,先右移。工作③—⑤在时间段6-10进行,总时差为4天。

从图3-83可知 $R_{L+1} = R_{11} = 9$ (第11天的资源需要量为9)

$$R_k = R_7 = 12$$

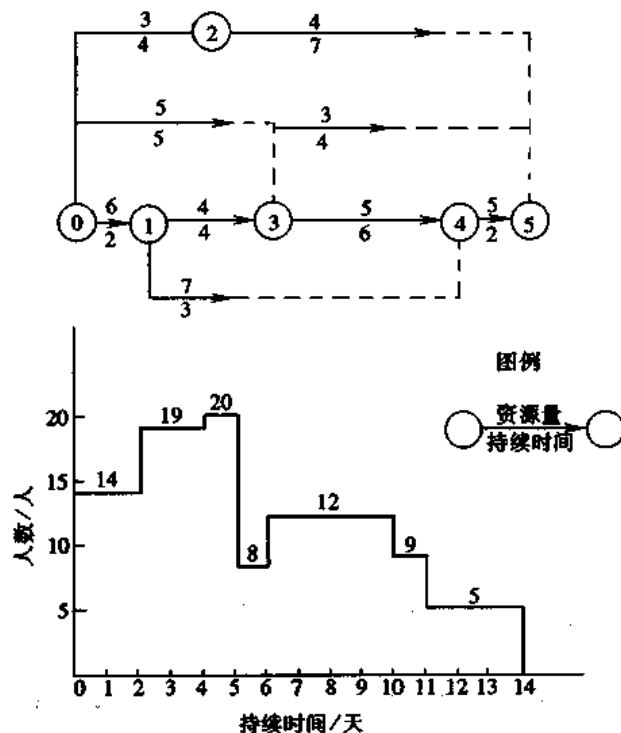


图3-83 图3-82所示网络计划按最早开始时间的资源计划

$r_{ij} = r_{35} = 3$ (工作③—⑤每天需要的资源量为3)

根据公式(3-107) $R_{L+1} - (R_k - r_{ij}) < 0$ 来验算:

$$R_{L+1} - (R_k - r_{ij}) = R_{11} - (R_7 - r_{35}) = 9 - (12 - 3) = 0$$

根据计算说明③—⑤工作右移一天,均方差未变。需要考虑是否可以再右移一天。用同样的方法再来验算:

$$R_k = R_8 = 12$$

$$R_{L+1} = R_{12} = 5$$

代入公式(3-107)得

$$R_{L+1} - (R_k - r_{ij}) = R_{12} - (R_8 - r_{35}) = 5 - (12 - 3) = -4 < 0$$

根据计算结果说明工作③—⑤可以再右移一天。是否还能继续右移,可用以上方法继续验算。验算结果见表3-28所示。

表 3-28 工作③—⑤右移过程的计算表

工作编号	计算参数	判断能否右移的计算公式及结果	能否右移	右移后的位置
③—⑤	$R_{L+1} = R_{11} = 9$ $R_k = R_7 = 12$ $r_{ij} = r_{3,5} = 3$	$R_{L+1} - (R_k - r_{ij})$ $= R_{11} - (R_7 - r_{3,5})$ $= 9 - (12 - 3) = 0$	计算结果等于零,说明右移 1 天后,均方差未变,试探再右移 1 天	再移至时间区段 7-11
	$R_{L+1} = R_{12} = 5$ $R_k = R_8 = 12$ $r_{ij} = r_{3,5} = 3$	$R_{12} - (R_8 - r_{3,5})$ $= 5 - (12 - 3)$ $= -4 < 0$	可以右移 1 天	再右移 1 天,右移至时间区段 8-12
	$R_{L+1} = R_{13} = 5$ $R_{L+2} = R_{14} = 5$ $R_k = R_9 = 12$ $R_{k+1} = R_{10} = 12$	代入公式(3-114) $[R_{L+1} - (R_k - r_{i,j})] + [R_{L+2} - (R_{k+1} - r_{i,j})] < 0;$ $5 - (12 - 3) + 5 - (12 - 3)$ $= -8 < 0$	可以右移 2 天	再右移 2 天,右移至时间区段 10-14 (右移终止)

③—⑤工作的总时差 $TF_{3,5} = 4$ 天,上表右移了 4 天已移至该网络计划终点 14,不能再右移。

图 3-84 为右移至时间区段 10-14 后的进度计划及资源计划。

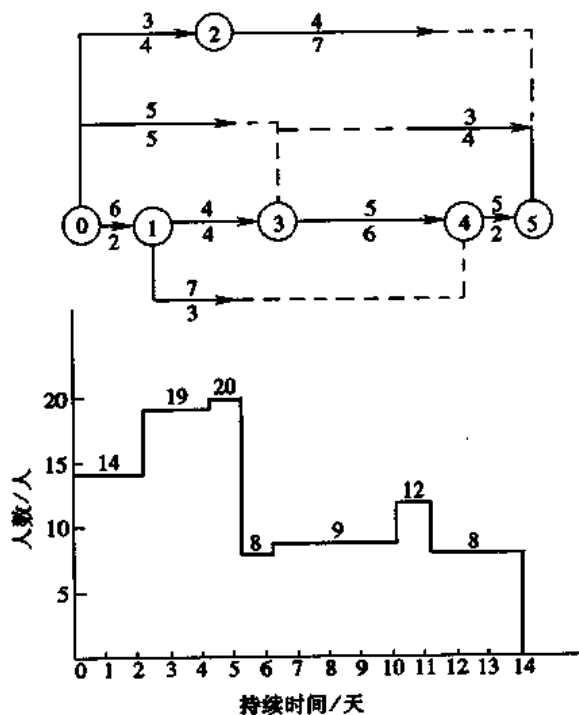


图 3-84 工作③—⑤右移后的进度和资源计划

下面工作②—⑤开始右移。工作②—⑤原在 4-11 时间区段。 $TF_{2,5} = 3, r_{2,5} = 4$ 。工作②—⑤右移过程的计算结果见表 3-29。

表 3-29 工作②—⑤右移过程的计算表

工作编号	计算参数	判断能否右移的计算公式及结果	能否右移	右移后的位置
②—⑤	$R_{L+1} = R_{12} = 8$ $R_k = R_5 = 20$ $r_{i,j} = r_{2,5} = 4$	$R_{12} - (R_5 - r_{2,5})$ $= 8 - (20 - 4)$ $= -8 < 0$	可以	右移 1 天, 右移至时间区段 5-12
	$R_{L+1} = R_{12} = 8$ $R_k = R_6 = 8$ $r_{i,j} = r_{2,5} = 4$	$R_{12} - (R_6 - r_{2,5})$ $= 8 - (8 - 4)$ $= 4 > 0$	不能	(右移终止)

工作②—⑤只能右移 1 天, 移至时间区段 5-12。

图 3-85 为工作②—⑤右移后的进度及资源计划。

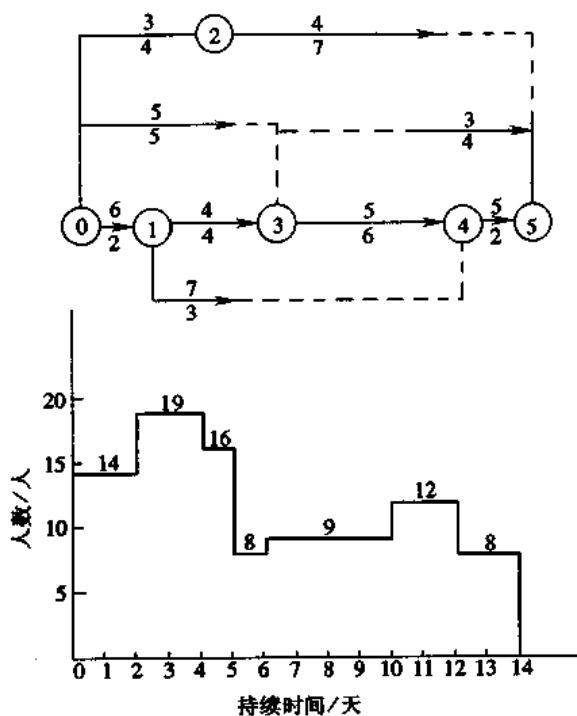


图 3-85 工作②—⑤右移后的进度及资源计划

②第二次调整——对节点④为结束点的各工作进行调整。

以节点④为结束节点的工作有③—④及①—④。工作③—④为关键线路上的工作, 不能右移。因此, 只考虑工作①—④的右移。

从图 3-85 可知: 工作①—④在时间区段 2-5 进行。

$$TF_{1,4} = 7$$

$$r_{1,4} = 7$$

$$R_k = R_3 = 19$$

$$R_{L+1} = R_6 = 8$$

工作①—④右移过程的计算结果见表 3-30。

表 3-30 工作①—④右移过程的计算表

工作编号	计算参数	判断能否右移的计算公式及结果	能否右移	右移后的位置
①—④	$R_{L+1} = R_6 = 8;$ $R_k = R_3 = 19;$ $r_{1,4} = 7$	$R_6 - (R_3 - r_{1,4})$ $= 8 - (19 - 7)$ $= -4 < 0$	可以	右移 1 天, 右移至时间区段 3-6
	$R_{L+1} = R_7 = 9;$ $R_k = R_4 = 19;$ $r_{1,5} = 7$	$R_7 - (R_4 - r_{1,4})$ $= 9 - (19 - 7)$ $= -3 < 0$	可以	右移 1 天, 右移至时间区段 4-7
	$R_{L+1} = R_8 = 9;$ $R_k = R_5 = 16;$ $r_{1,4} = 7$	$R_8 - (R_5 - r_{1,4})$ $= 9 - (16 - 7)$ $= 0$	可再试探 右移 1 天	右移 1 天, 右移至时间区段 5-8
	$R_{L+1} = R_9 = 9;$ $R_k = R_6 = 8;$ $r_{1,4} = 7$	$R_9 - (R_6 - r_{1,4})$ $= 9 - (8 - 7)$ $= 8 > 0$	不可以	不能再右移, 最终位置在时间区段 5-8

工作①—④总共右移 3 天, 即右移至时间区段 5-8。图 3-86 为右移后的进度及资源计划。

③第三次调整——对节点③为结束点的各工作进行调整。

以节点③为结束点的工作有①—③及①—④。工作①—③为关键线路上的工作, 不能右移。故只考虑工作①—④的右移。由图 3-86 可知, 工作①—④在时间区段 0-5 进行。

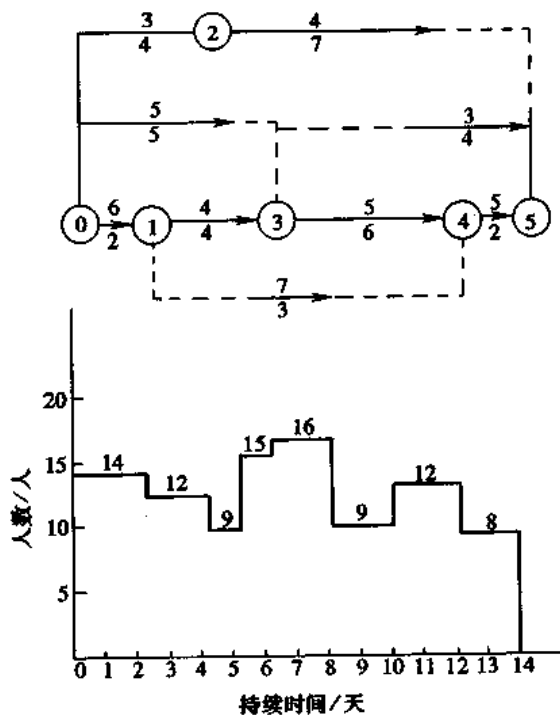


图 3-86 工作①—④右移后的进度和资源计划

$$TF_{0,3} = 1$$

$$r_{0,3} = 5$$

$$R_k = R_1 = 14$$

$$R_{L+1} = R_6 = 15$$

工作①—③右移过程的计算结果见表 3-31。

表 3-31 工作①—③右移过程的计算表

工作编号	计算参数	判断能否右移的计算公式及结果	能否右移	右移后的位置
①—③	$R_{L+1} = R_6 = 15$ $R_k = R_1 = 14$ $r_{0,3} = 5$	$R_6 - (R_1 - r_{0,3})$ $= 15 - (14 - 5)$ $= 6 > 0$	不能右移	仍在时间 区段 0-5

④第四次调整——对节点②为结束点的工作①—②在时间区段 0-4 进行调整。见图 3-86。

$$TF_{0,2} = 3$$

$$r_{0,2} = 3$$

$$R_k = R_1 = 14$$

$$R_{L+1} = R_5 = 9$$

工作①—②右移过程的计算结果见表 3-32。

表 3-32 工作①—②右移过程的计算表

工作编号	计算参数	判断能否右移的计算公式及结果	能否右移	右移后的位置
①—②	$R_{L+1} = R_5 = 9$ $R_k = R_1 = 14$ $r_{0,2} = 3$	$R_5 - (R_1 - r_{0,2})$ $= 9 - (14 - 3)$ $= -2 < 0$	可以	右移 1 天, 右移 至时间区段 1-5
	$R_{L+1} = R_6 = 15$ $R_k = R_2 = 14$ $r_{0,2} = 3$	$R_6 - (R_2 - r_{0,2})$ $= 15 - (14 - 3)$ $= 4 > 0$	不可以	仍在时间区段 1-5

虽然 $TF_{0,2} = 3$, 但工作②—⑤的右移位置已确定, 在时间区段 5-12。故工作①—②实际能动用的 TF 只有 1 天。图 3-87 为工作①—②右移后的进度和资源计划。

⑤以上通过四次调整后得到图 3-87 所示的计划, 这是第一次循环。根据图 3-87 再作第二次循环的调整。如同以上一样, 再从节点⑤开始计算各工作右移的可能性。

第五次调整——对节点⑤为结束点的工作②—⑤进行调整。从图 3-87 可知工作②—⑤最多右移 2 天, 在时间区段 5-12 进行。

$$r_{2,5} = 4$$

$$R_k = R_6 = 15$$

$$R_{L+1} = R_{13} = 8$$

工作②—⑤右移过程的计算结果见表 3-33。

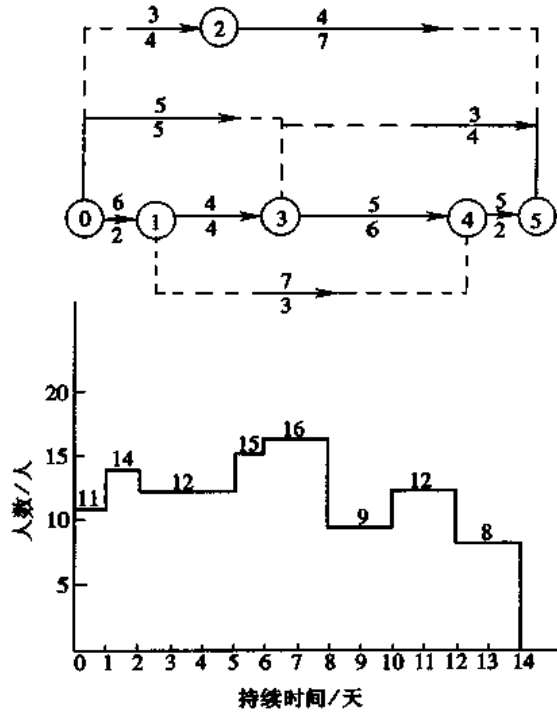


图 3-87 工作①—②右移后的进度和资源计划

表 3-33 工作②—⑤右移过程的计算表

工作编号	计算参数	判断能否右移的计算公式及结果	能否右移	右移后的位置
②—⑤	$R_{L+1} = R_{13} = 8$ $R_k = R_6 = 15$ $r_{2,5} = 4$	$R_{13} - (R_6 - r_{2,5})$ $= 8 - (15 - 4)$ $= -3 < 0$	可以	右移 1 天, 右移至时间区段 6-13
	$R_{L+1} = R_{14} = 8$ $R_k = R_7 = 16$ $r_{2,5} = 4$	$R_{14} - (R_7 - r_{2,5})$ $= 8 - (16 - 4)$ $= -4 < 0$	可以	右移 1 天, 右移至时间区段 7-14

因工作②—⑤最多只能右移 2 天, 故右移终止, 右移后的进度和资源计划见图 3-88 所示。

以下用同样的方法对节点④、③、②等计算其相应工作右移的可能性, 计算的结果说明均不能再右移, 故不再调整, 图 3-88 即为本例的最优解。

从以上调整过程中可以看出, 每调整一次后, 就在上一次资源计划的基础上计算出调整后的资源计划, 作为下一次调整的基础。直至所有工作不能右移为止。

2. 在规定工期之内, 使资源高峰最小的网络优化

消除网络计划在施工过程中资源需要量的“高峰”, 即使其“高峰”最小, 但保持工期不变, 其目的在于使资源供应均衡, 这在组织施工中有极重要的实际意义。

(1) 调整步骤

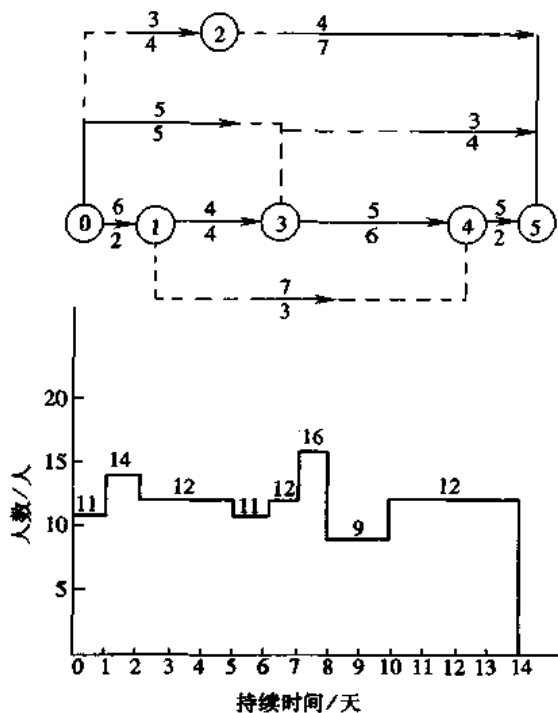


图 3-88 工作②—⑤右移后的进度和资源计划即最优解

①按各工作的最早开始时间 ES 绘制网络计划的水平进度。

②根据水平进度绘制各时间的资源计划。

③逐步降低最高峰的资源量。

在第一步计算中,资源供应量的上限的求法就是将资源需要量图上的最大纵坐标减去一个计量单位后的数值。如果我们证实此资源限值可以通过在时差范围内的工作转移来保持不被超过,则可以从此资源限值中再减去 1 个计量单位,再进行一次调整,直到各工作不可能再转移为止,但不得改变规定的工期。

④分析资源限值的“高峰”。

在资源计划图中我们从 $T=0$ 开始向右观察,以确定出现资源高峰的时间区段,在该时间区段的左右界限标以 T_k 及 T_L 。对属于该时间区段内的每一个工作,按下列公式求出其差值 Z 。

$$Z = TF - (T_L - T_k) \quad (3-115)$$

式中 TF ——该工作的总时差;

T_k ——资源高峰的开始时间;

T_L ——资源高峰的结束时间。

如果差值为正数,则该工作可能向右转移,转移天数的最大值即等于差值 Z 。最先转移资源量最小的工作,如果有若干个资源量相同的工作,则差值 Z 最大的工作优先转移,转移的结果是将工作的开始点转移到 T_L 。

对某一资源高峰分析完毕后,则对从该资源高峰减去一个计量单位后所得的新高峰,再用此方法进行分析,直到总时差耗尽,不再有可能转移为止。用以上方法最后得到的资源量

图即为所求的结果。

(2) 举例说明

例题3-15 某工程项目,根据实际条件绘制的网络计划见图3-89所示。施工过程中有A、B两种主要资源,在规定工期不变的情况下,试用“资源高峰最小”的方法求该两种资源最均衡的网络计划。

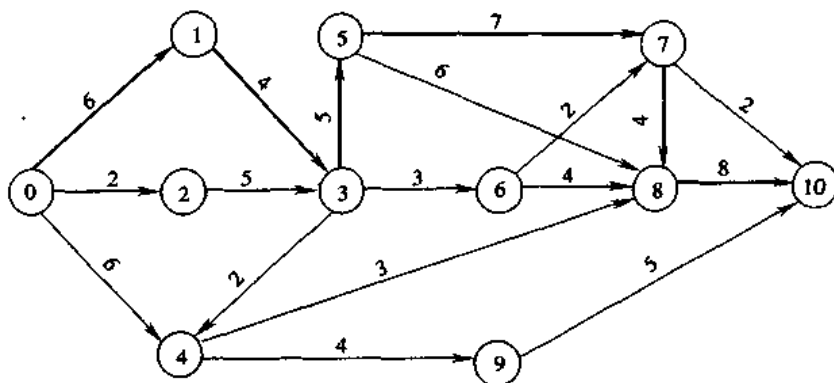


图 3-89 网络计划示例

解 根据图3-89绘制水平进度(图3-90a),图中使用资源A的工作用双线表示,使用资源B的工作用单线表示。图3-90b为A资源需要量计划,图3-90c为B资源需要量计划。表3-34为例题3-15网络计划的时间参数。

表 3-34 例题3-15网络计划的时间参数表

工作编号	工作持续时间/天	最早开始时间	最迟完成时间	时差/天	资源 A	资源 B
①—①	6	0	6	0	-	3
①—②	2	0	5	3	-	2
①—④	6	0	23	17	6	-
①—③	4	6	10	0	7	-
②—③	5	2	10	3	-	2
③—④	2	10	23	11	5	-
③—⑤	5	10	15	0	-	2
③—⑥	3	10	20	7	-	3
④—⑧	3	12	26	11	4	-
④—⑨	4	12	29	13	-	2
⑤—⑦	7	15	22	0	2	-
⑤—⑧	6	15	26	5	-	3
⑥—⑦	2	13	22	7	-	4
⑥—⑧	4	13	26	9	4	-
⑦—⑧	4	22	26	0	5	-
⑦—⑩	2	22	34	10	4	-
⑧—⑩	8	26	34	0	2	-
⑨—⑩	5	16	34	13	-	1

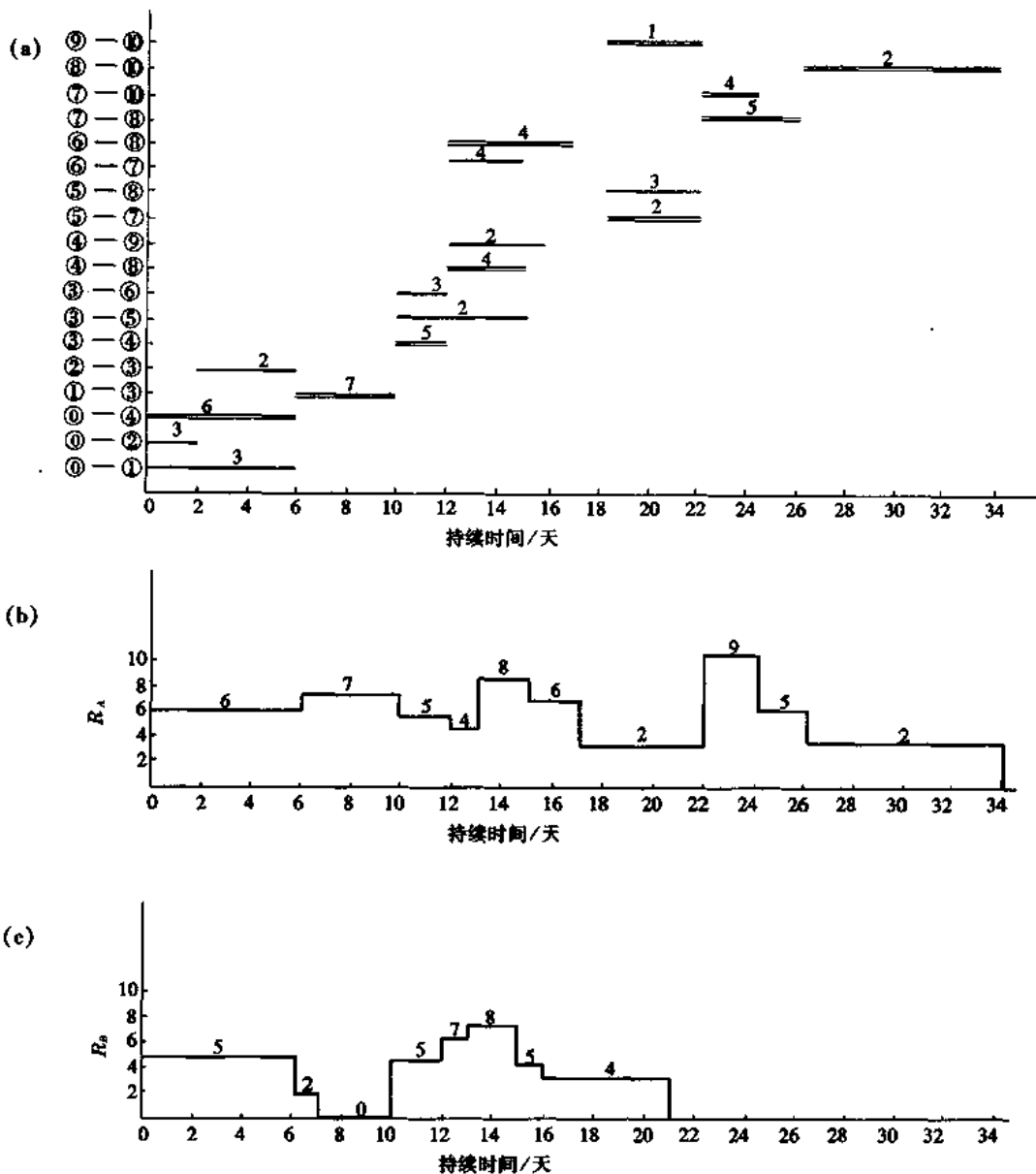


图 3-90 根据图 3-89 网络计划绘制的水平进度及资源需要量计划
(a)水平进度;(b)A 资源需要量计划;(c)B 资源需要量计划

资源 A 的最大值 $\max R_A = 9$

资源 B 的最大值 $\max R_B = 8$

先将资源最大值各减去 1 个计量单位后进行分析：

A 资源 $R_A = 9 - 1 = 8$

B 资源 $R_B = 8 - 1 = 7$

分析有无超过以上限值的情况。资源 A 在时间区段 22-24 内超过限值。此时间区段内有工作⑦—⑧及⑦—⑩。工作⑦—⑧是关键线路上的工作,不能转移。工作⑦—⑩的情况如下: $T_h = 22, T_L = 24$ 代入公式(3-115)

$$Z = 10 - (24 - 22) = 8 \text{ 天}$$

工作⑦—⑩最多可转移 8 天,如果将工作⑦—⑩的最早开始时间转移到时间区段 24—26,即可看出,在时间区段 24—26 间将又超过限值。由于其差值尚有转移余地,可将工作⑦—⑩转移到时间区段 26—28。

资源 B 在时间区段 13—15 处超过限值。在此区段内,需耗用 B 类资源的工作为③—⑤、④—⑨、⑥—⑦。

工作④—⑨的总时差 $TF = 13$ 天,最早开始时间 $T_k = 12$,最迟结束时间 $T_L = 15$ 。因而其允许最大转移时间为

$$TF - (T_L - T_k) = 13 - (15 - 12) = 10 \text{ 天}$$

资源量 = 2

工作⑥—⑦的允许最大转移时间为

$$TF - (T_L - T_k) = 7 - (15 - 13) = 5 \text{ 天}$$

资源量 = 4

因此,将工作④—⑨的最早开始时间转移到时间区段 15—19。第一次转移的结果见图 3-91 所示。

第二步对资源 A 取限值: $R_A = 8 - 1 = 7$

对资源 B 取限值: $R_B = 6 - 1 = 5$

R_A 在时间区段 13—15 内超过限值,在此区段内耗用资源 A 的工作有:

工作④—⑧: $Z = 11 - (15 - 12) = 8$ 天;资源量 = 4。

工作⑥—⑧: $Z = 9 - (15 - 13) = 7$ 天;资源量 = 4。

如果先转移工作④—⑧,其结果是中断了资源的连续性。因此将工作⑥—⑧从 $T = 15$ 向后转移 2 天。

资源 B 的第二步分析是要消除时间区段 13—15 的资源 B 超过限值的现象。

工作③—⑤在关键线路上,不能转移。

工作⑥—⑦的 $Z = 7 - (15 - 13) = 5$ 天;资源量 = 4。

将工作⑥—⑦转移到时间区段 15—17,这样在时间区段 15—17 内资源 B 又出现了一个新的高峰,即 $R_B = 9$ 。

工作④—⑨的 $Z = (13 - 3) - (17 - 15) = 8$ 天;资源量 = 2。

工作④—⑨的 TF 原为 13,但在第一步转移时用去了 3 天,故上式的 $TF_{4,9} = 13 - 3 = 10$ 天。

工作⑤—⑧的 $Z = 5 - (17 - 15) = 3$ 天;资源量 = 3。

工作⑥—⑦的 $Z = (7 - 2) - (17 - 15) = 3$ 天;资源量 = 4。

先将工作④—⑨移至时间区段 17—21,再将工作⑥—⑦移至时间区段 21—26,将工作⑤—⑧移至时间区段 17—23。

第二步调整结果如图 3-92 所示。继续改进不再可能,调整终止。最终结果的资源高峰为

$$\max R_A = 7; \quad \max R_B = 5。$$

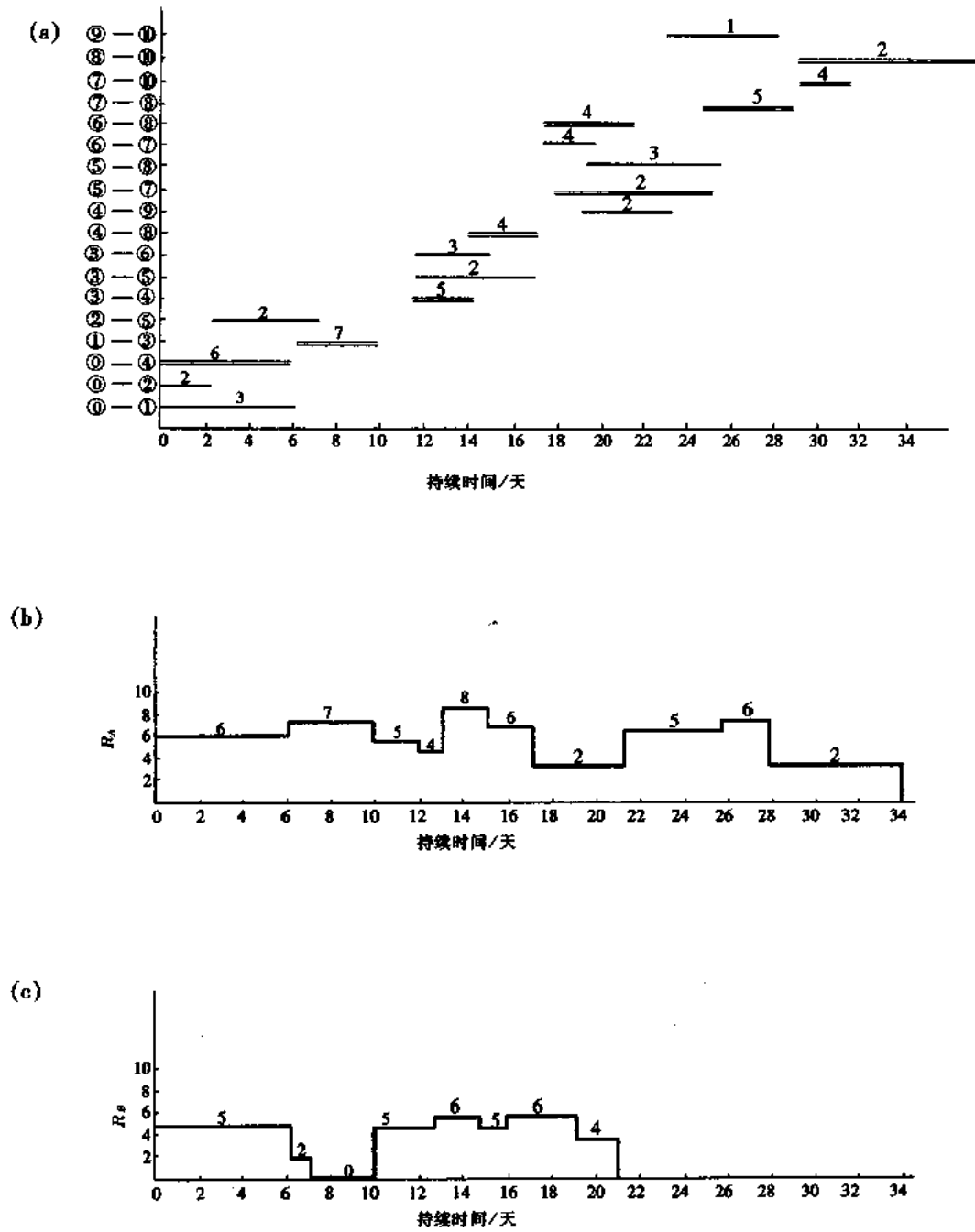


图 3-91 第一次转移后的水平进度及资源需要量计划
 (a)水平进度;(b)A 资源需要量计划;(c)B 资源需要量计划

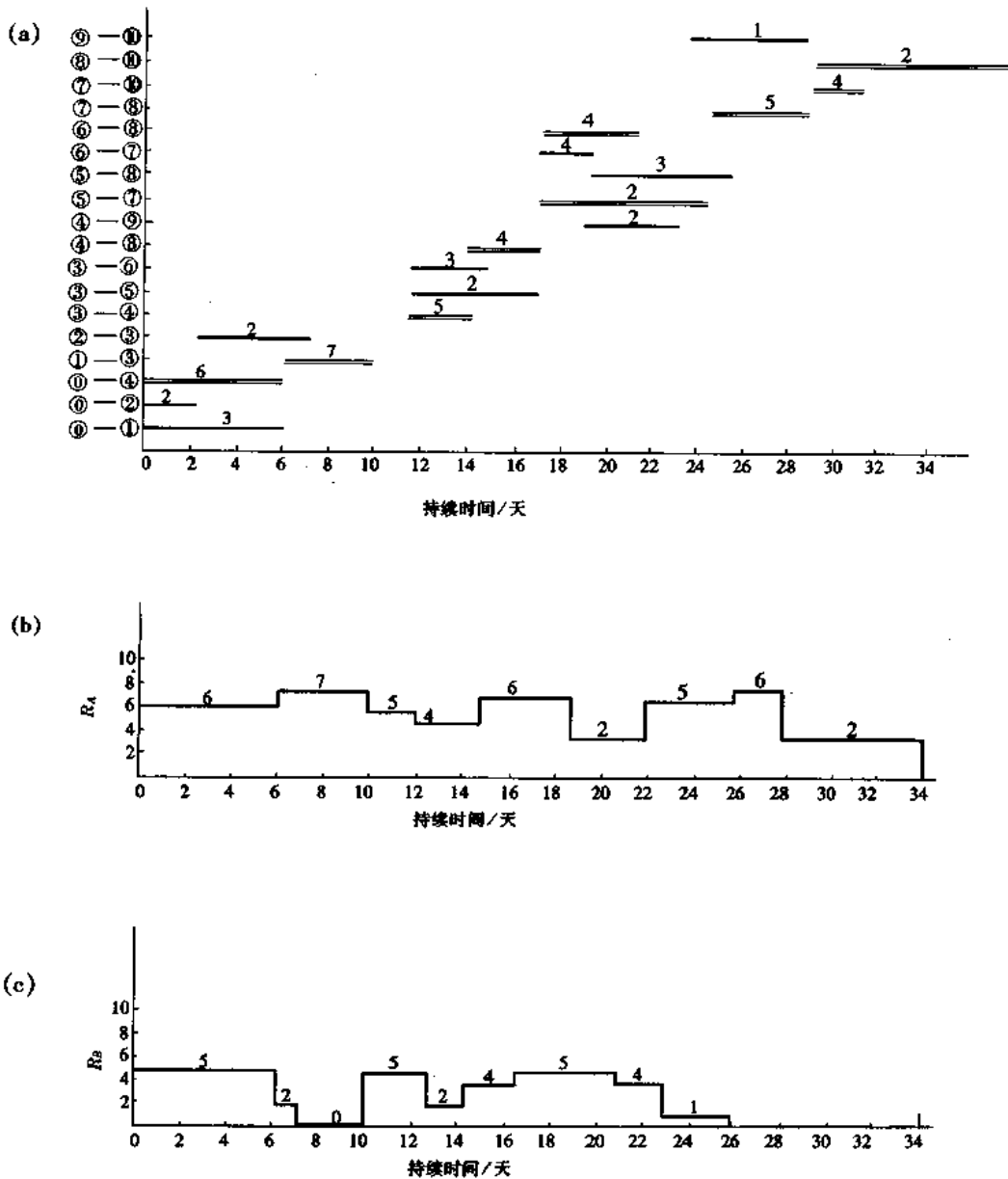


图 3-92 最终调整后的水平进度及资源需要量

(a)水平进度;(b)A 资源需要量计划;(c)B 资源需要量计划

(五)工期与成本的优化

1. 工期与成本的关系

建设工程的成本与施工工期的关系,通常如图 3-93 所示。

工程的成本由直接费和间接费两部分所组成。直接费即建筑工程的人工费、材料费、机械费等,间接费由包括施工管理费等项目组成。

由于工程所采用的施工方案不同,对直接费有较大的变动,对间接费也有影响。施工工期与施工方案及工程成本更有密切的关系。

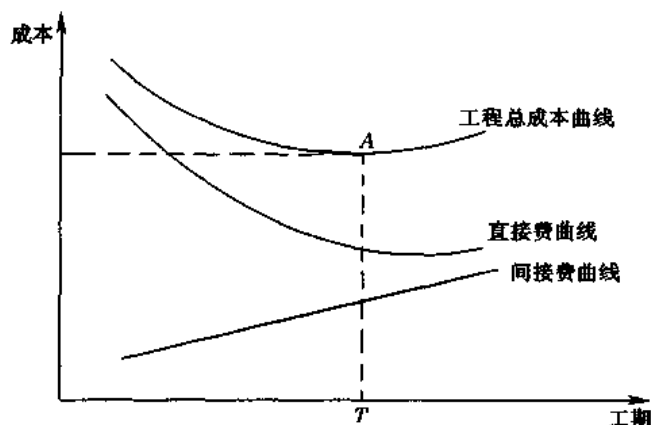


图 3-93 工程成本与工期关系曲线

一般来说,工程的间接费与施工工期成正比,间接费随着工期的增加而递增。间接费包括管理人员、领导人员、技术人员、后勤人员的工资;全工地性设施的租赁费;现场一切临时设施;公用和福利事业费;利息等。

工程的直接费,一般来说,它是随着工期缩短而递增。如工程采取缩短工期的措施,往往会增加工程成本。例如增加工人数量、增加工作班次、增加施工机械和设备的数量及更换大功率的施工机械、采取更有效的施工方法等,以上这些措施,都会增加工程成本。

工程总成本是直接费和间接费之和,是上述两曲线的组合。从图 3-93 中的总成本曲线可以看出,任何一个工程都有一个最优的工期,即工程成本最低点(A 点)的工期(T),也就是成本最低时工期的最优方案。从图 3-93 的工程总成本曲线中可以找到各种不同工期的总成本。

下面讨论直接费与工期的关系。根据各施工过程的性质不同,其持续时间与费用的关系有以下两种情况:

(1) 连续型

连续型工作就是其直接费随着工作的持续时间有规律地变化,如图 3-94 所示。不同的持续时间有相应的费用。为了简化计算,该连续曲线可近似地取直线,在该直线中可找出任一持续时间 T 的直接费。

例如,图中持续时间 T 为 7 天的直接费 C 为 30 元,如果要缩短工期,要增加机械台数、人工及工作班等,得最短的持续时间 T_s 为 2 天时,相应的直接费为 90 元。单位时间增加的费率可按下列公式计算:

$$e = \frac{C_s - C_n}{T_n - T_s} \quad (3-116)$$

式中 e ——费率;

T_s ——最短持续时间;

T_n ——最长持续时间(根据合理的劳动组合等条件的正常持续时间);

C_s ——最短持续时间的直接费;

C_n ——最长持续时间的直接费。

将图 3-94 中的数据代入公式(3-116)得

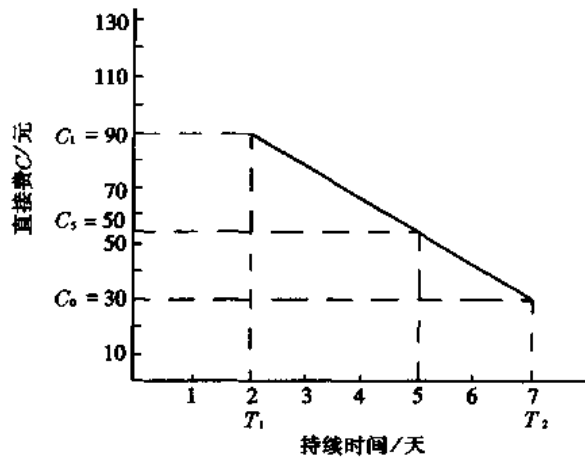


图 3-94 某施工过程的直接费与持续时间的连续型关系曲线

$$e = \frac{90 - 30}{7 - 2} = 12 \text{ 元/天}$$

如果求持续时间 $T = 5$ 天的直接费,从图 3-94 可找到相应的 $C = 54$ 元。

(2)离散型

这是指某些施工过程的持续时间与直接费之间的关系是根据不同的施工方案来估算的,它们之间没有线性关系。

例如,图 3-95 中所示某施工过程的三种施工方案,不同的施工方案有不同的持续时间和直接费。见表 3-35 所示。

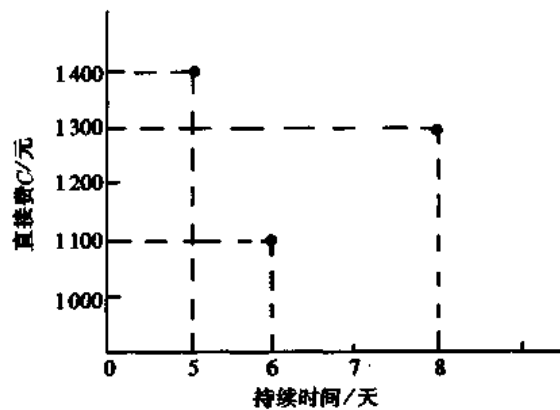


图 3-95 离散型的持续时间与直接费的关系

表 3-35 三种方案的持续时间与直接费

方 案	持 续 时 间 T	直 接 费 C
1	5	1 400
2	6	1 100
3	8	1 300

以下举例说明施工过程的持续时间与直接费的关系。

例题 3-16 某人工挖土施工过程,在正常情况下(合理的工作面及合理的劳动组织),需安排 20 名普工,6 天完成,人工费单价按 1.5 元/工日计算,则该施工过程的总直接费为: $20 \times 6 \times 1.5 = 180$ 元。求由于加快速度而增加费用的费率。

解 需要加快速度,要求 3 天完成任务。假定工作效率不变,并且全工地只有 20 名普工,增加的工人只能抽调专业工人,他们的人工费单价为 2.5 元/工日。总直接费则为

$$20 \times 3 \times 1.5 + 20 \times 3 \times 2.5 = 240 \text{ 元}$$

如果再要缩短工期,要求 2 天完成,这样就会因为工作面窄而降低生产效率,因此需要再增加 24 名专业工人。总直接费为

$$20 \times 2 \times 1.5 + (20 + 24) \times 2 \times 2.5 = 280 \text{ 元}$$

如果再要缩短工期,势必还要再增加工人,这样将由于工作面太小而大幅度降低生产效率,这是不合理的,因此,最短持续时间为 2 天。

上述三种工期及其相应的直接费见图 3-96 所示。

根据公式(3-115)计算出费率如下:

$$e = \frac{280 - 180}{6 - 2} = \frac{100}{4} = 25 \text{ 元/天}$$

例题 3-17 某浇筑混凝土工程,在正常情况下采用一台容量为 0.4 m^3 的混凝土搅拌机。所需费用,包括:搅拌机进退场费、台班费、人工工资、场地平整、机棚摊销等项费用之和,总共为 760 元,持续时间为 4 天。求加快速度而增加费用的费率。

解 为了加速施工,改用 2 台容量为 0.4 m^3 的混凝土搅拌机。再增加一台搅拌机的进退场费、台班费、场地平整和机棚摊销费等费用,总共为 1020 元。持续时间为 2 天。

由于现场可供施工的用地较小,不能安放 3 台搅拌机,因此,最短持续时间为 2 天。

上述两个方案的直接费与相应的持续时间关系见图 3-97 所示。

根据公式(3-116)计算出费率如下:

$$e = \frac{1020 - 760}{4 - 2} = \frac{260}{2} = 130 \text{ 元/天}$$

2. 工期与成本优化示例

例题 3-18 某大型混凝土基础工程施工,有以下八个施工过程。相应工作编号及正常持续时间见表 3-36 所示。求该工程的总成本曲线和最优施工计划。

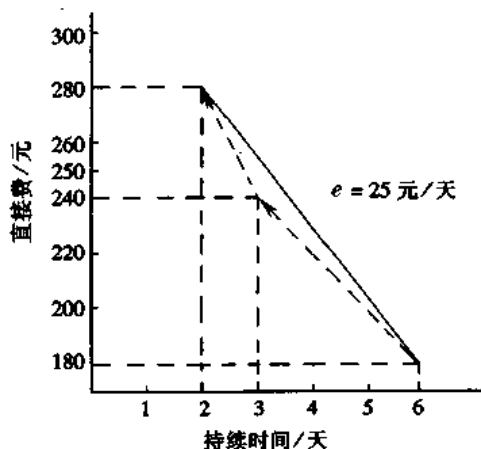


图 3-96 人工挖土的直接费与持续时间关系曲线示例

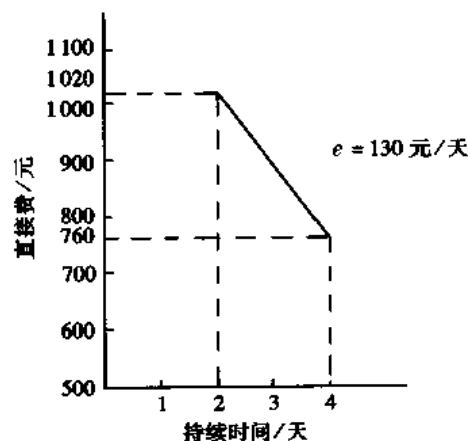


图 3-97 浇筑混凝土的直接费与持续时间的关系曲线示例

表 3-36 工作名称、编号及持续时间

序号	工作名称	工作编号	持续时间/天
1	基础放线	①—①	2
2	挖土方	①—②	6
3	支模	②—④	4
4	浇筑混凝土	⑤—⑥	4
5	钢筋进场	①—③	3
6	钢筋成型	③—④	4
7	钢筋绑扎	④—⑤	2
8	骨料进场	①—⑤	6

解 该工程进度的网络图及网络计划的计算结果见图 3-98 所示。

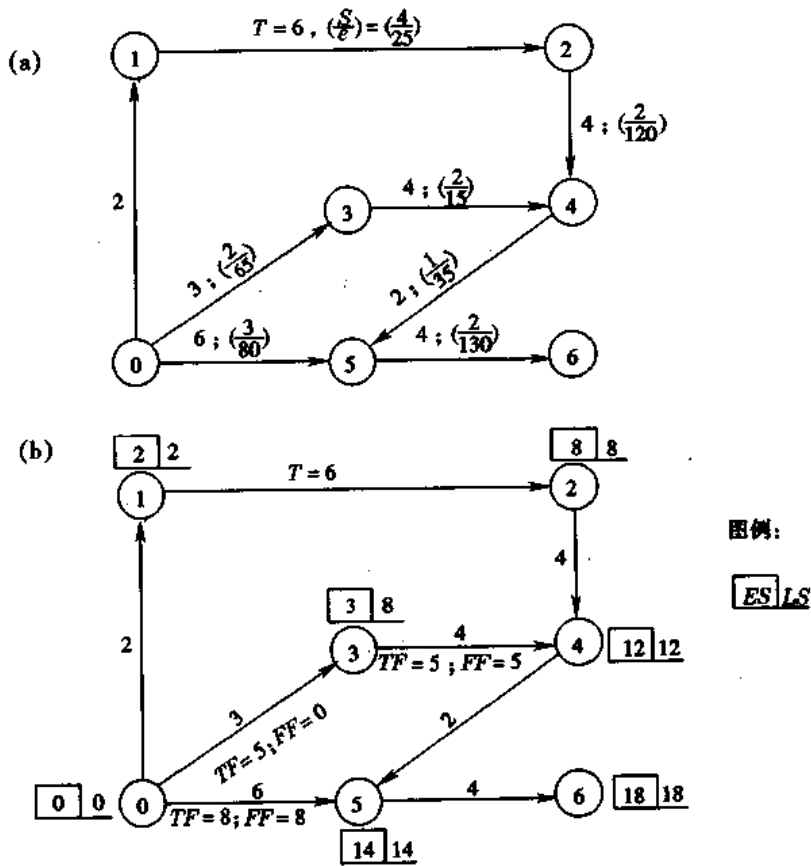


图 3-98 某混凝土基础工程网络图及网络计划时间计算结果
(a)网络图;(b)网络计划时间计算结果

每个工作的持续时间与费用的关系见表 3-37 所示。表中各工作的持续时间,即该工作正常的工期;正常费用即正常工期的费用(例如挖土方,持续时间为 6 天的总费用为 180

元);缩短工期指该工作最多能缩短的工期(例如浇筑混凝土最多能缩短2天);缩短工期的费用栏即该工作最多缩短工期天数后,最终的费用;费率即该工作每缩短工期一天所增加的费用。

表 3-37 各工作的正常费用、缩短工期、费率表

序号	工作名称	工作编号	正常 工期 T/天	缩短 工期 S/天	正常 费用 /元	缩短工期后的 总费用 C /元	费率 e /(元·天 ⁻¹)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]=[5]+[4]×[7]	[7]
1	基础放线	①—①	2	—	30	—	—
2	挖土方	①—②	6	4	180	280	25
3	支模	②—④	4	2	700	940	120
4	浇筑混凝土	⑤—⑥	4	2	760	1020	130
5	钢筋进场	①—③	3	2	4000	4130	65
6	钢筋成型	③—④	4	2	200	230	15
7	钢筋绑扎	④—⑤	2	1	75	110	35
8	骨料进场	①—⑤	6	3	4200	4440	80
9	合计				10145		

缩短工期的原则:

- (1)首先选择缩短工期的该项工作,其费率最小,使得由于缩短而增加的费用最少;
- (2)选用关键线路上的工作缩短工期,因为只有缩短关键线路上的工作,才能缩短工程的总工期;
- (3)有时缩短非关键线路工作的工期,亦会导致关键线路的改变而缩短工程总工期。在这种情况下,只要该项工作的费率极小,即使是在非关键线路上,亦可以考虑。现将缩短工期的步骤归纳在表 3-38 中。

压缩到此为止。虽然工作①—③、③—④、①—⑤还可以压缩,但是另一关键线路①—①—②—④—⑤—⑥不能再压缩,因此,工作①—③、③—④、①—⑤的压缩不能缩短总工期。故全部压缩过程终止。

上述五次压缩,每次都是以最少的耗费达到最大的效果。

这个全过程称为工期与成本的优化过程,最后所得的网络计划称为相应计划工期的优化解。

以上述五次压缩的计划工期为横坐标,以每次缩短工期后的费用(即直接费)为纵坐标,连成曲线,形成计划工期与直接费的关系曲线(图 3-100)。

求最优计划工期:

每项工程的成本,除直接费以外,还包括全部间接费用。一般而言,工程的间接费与完成该项工程的工期成正比。本例取间接费为 80 元/天。

将该工程的直接费和间接费分别按不同计划工期叠加,即为计划的总成本曲线。这就是本工程的最优施工计划,或称最经济的计划。

在总成本曲线的最低点 A,其相应的工期 T 为该工程的最优工期,即成本最低的工期

或最经济的工期。

以上就是成本与工期的优化。根据国外经验,采用成本与工期优化法后能缩短工期20%左右,并可降低成本约10%。这是应用科学的方法,合理地组织生产而取得的效益,有实用价值。当工作较多时,这种方法必须采用电子计算机求解。

表 3-38 缩短工期的步骤

缩短工期次序	选择缩短工期的工作	缩短工期数/天	缩短后的总工期/天	缩短工期后的总费用/元	缩短工期后的网络计划
第一次	压缩关键线路上费率最小的工作 ①—②, $e=25$	4	14	$C_1 = 10\,145 + (280 - 180)$ $= 10\,245$	见图 3-99a
第二次	依次压缩关键线路上费率最小的工作 ④—⑤, $e=35$	1	13	$C_2 = 10\,245 + (110 - 75)$ $= 10\,280$	见图 3-99b
第三次	继续压缩关键线路上的费率最小的工作②—④, $e=120$ 由于工作③—④的 $TF=1$ 天,当②—④压缩 1 天后,工作①—③、③—④即形成新的关键线路,如果压缩 2 天,总工期也只缩短 1 天	1	12	$C_3 = 10\,280 + (\frac{940 - 700}{2})$ $= 10\,400$	见图 3-99c
第四次	共有以下两条关键线路: ①—①—②—④—⑤—⑥ $T=7$ 天 ①—③—④—⑤—⑥ $T=7$ 天 要想缩短工期,必须同时压缩上述两条线路。有三种可供选择的方案: (1)压缩②—④及①—③ (2)压缩②—④及③—④ (3)压缩⑤—⑥ 取压缩⑤—⑥	2	10	(1)每天增加 $120 + 65 = 185$ 元 (2)每天增加 $120 + 15 = 135$ 元 (3)每天增加 130 元 $C_4 = 10\,400 + (1\,020 - 760)$ $= 10\,660$	见图 3-99d
第五次	压缩②—④及③—④各 1 天	1	9	$C_5 = 10\,660 + (120 + 15)$ $= 10\,795$	见图 3-99e

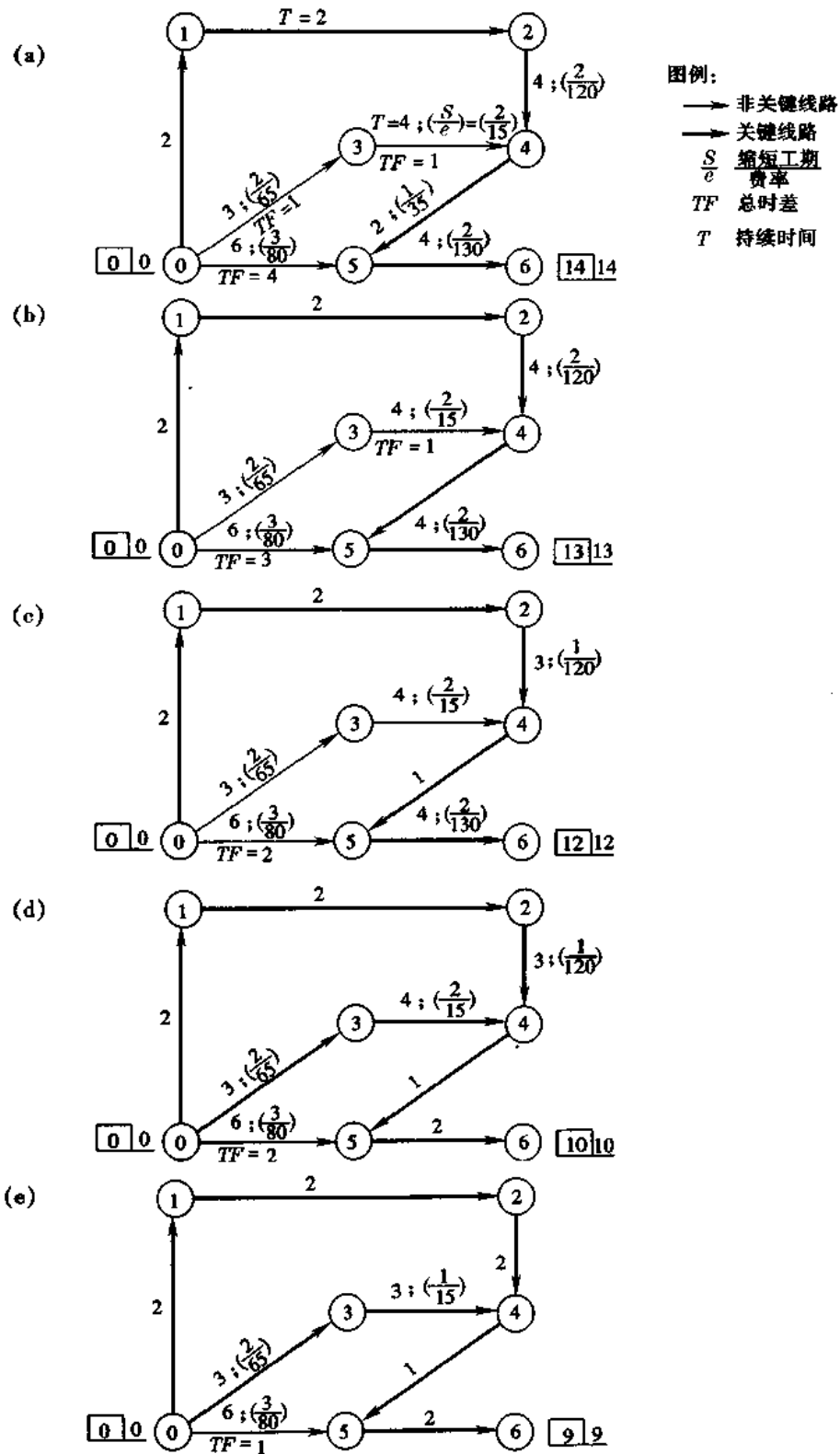


图 3-99 表 3-38 附图

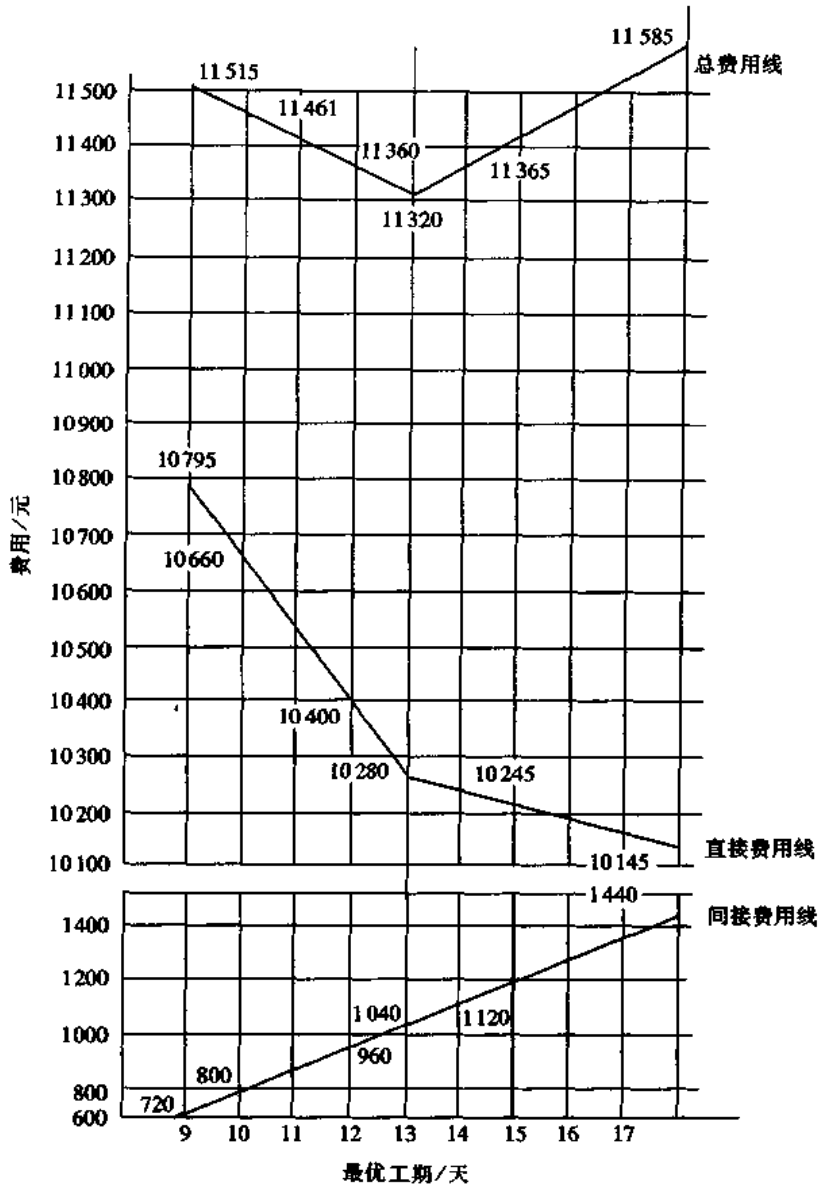


图 3-100 工期与成本优化曲线

第七节 网络计划的检查与调整

一、网络计划检查与调整的规定

(一) 网络计划检查规定

1. 检查网络计划首先必须收集网络计划的实际执行情况,并进行记录。

当采用时标网络计划时,可采用实际进度前锋线(简称前锋线)记录计划执行情况。前锋线应自上而下地、从计划检查时的时间刻度线出发,用直线段依次连接各项工作的实际进

度前锋,最后到达计划检查时刻的时间刻度线为止。前锋线可用彩色标画,相邻的前锋线可采用不同颜色。

当采用无时标网络计划时,可采用直接在图上用文字或适当符号记录,或列表记录等记录方式。

2. 对网络计划的检查应定期进行。检查周期的长短应视计划工期的长短和管理的需要决定。必要时可作应急检查以便采取应急调整措施。

3. 网络计划的检查必须包括以下内容:

- (1) 关键工作进度;
- (2) 非关键工作进度及时差利用;
- (3) 工作之间的逻辑关系。

4. 对网络计划执行情况检查的结果应进行如下分析判断,为计划的调整提供依据:

(1) 对时标网络计划宜利用已画出的实际进度前锋线,分析计划的执行情况及其发展趋势,对未来的进度情况作出预测判断,找出偏离计划目标的原因及可供挖掘的潜力所在。

(2) 对无时标网络计划宜按表 3-39 记录的情况对计划中的未完工作进行分析判断。

表 3-39 网络计划检查结果分析表

工作编号	工作代号	检查计划时尚需作业时间	到计划最迟完成时尚有时间	原有总时差	尚有总时差	情况判断

(二) 网络计划调整规定

网络计划的调整可包括下列内容:

- (1) 关键线路长度的调整;
- (2) 非关键工作时差的调整;
- (3) 增、减工作项目;
- (4) 调整逻辑关系;
- (5) 重新估计某些工作的持续时间;
- (6) 对资源的投入作局部调整。

二、网络计划检查

(一) 检查的时间和内容

1. 检查的时间分两类:一类是日常检查;一类是定期检查。定期检查一般与计划周期相一致,在计划执行结束时检查。

2. 检查的内容包括:进度计划中,工作的开始时间、完成时间、持续时间、逻辑关系、实物工程量和工作量、关键线路和总工期、时差利用等。

(二)检查的方法

检查的方法是对比法,即计划内容和记录的实际状况进行对比。现以图 3-101 的记录为例进行检查分析,具体见表 3-40。

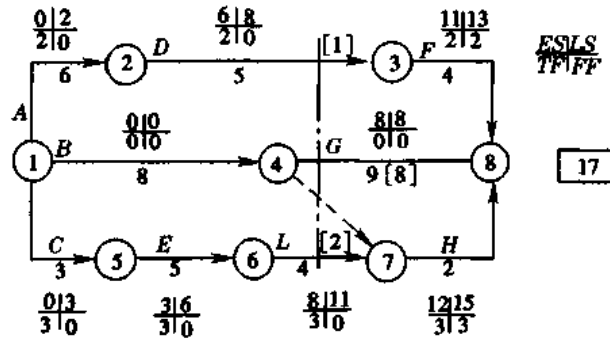


图 3-101 网络计划示例

表 3-40 对图 3-101 的检查分析 (时间单位:天)

工作编号	工作代号	检查时 尚需时间	到计划最迟完成 前尚有时间	原有总时差	尚有时差	情况判断
2-3	D	1	13-10=3	2	3-1=2	正常
4-8	G	8	17-10=7	0	7-8=-1	拖期 1 天
6-7	L	2	15-10=5	3	5-2=3	正常

表 3-40 说明,在第 10 天检查时,工作 D 和 L 的原有总时差均保持不变,说明进度正常;然而工作 G 的总时差却减少了 1 天,说明进度拖期 1 天。值得注意的是,工作 G 处在关键线路上,尤其是该线路上的最后一项工作,故如不在尚需的 8 天中赶上来,很有可能使整个计划拖期,影响进度控制目标的实现。

网络计划检查的结果应填写报告,向有关领导提交。表 3-41 和表 3-42 是网络计划执行结果分析报告;表 3-43 是网络计划与实际比较报告;表 3-44 是实际完成量报告;表 3-45 是网络计划预测分析报告。在实际工作中可根据需要选用或自行设计。

表 3-41 总网络分析报告

项目名称: _____

项目编号: _____

工作编号	工作名称	实现时间 / 天			后续工作			
		最早	最迟	时差	编号	名称	时距/天	剩余时间/天

填表人 _____

填表日期 _____

审核人 _____

审核日期 _____

表 3-42 子网络分析报告

项目名称 _____

项目编号 _____

施工过程 编号	施工过 程名称	延续时间/天			完成率 /%	进度参数/天				自由 时差	后续施 工过程		搭接关系		
		计划值	实际值	剩余 时间		最早 开始	最迟 开始	最早 完成	最迟 完成		总时差	编号	名称	类型	时距 /天

填表人 _____

填表日期 _____

审核人 _____

审核日期 _____

表 3-43 进度比较报告

项目名称 _____

项目编号 _____

施工过 程编 号	施工过 程名 称	工程量		工作班次 /(班·天 ⁻¹)	完成率 /%	工作时间			进 展 时 间 比 较	最早开始 时间/天		最早开 始时间 偏差 /天	最早完成 时间/天		最早完成 时间偏差 /天	备注
		单位	数量			计划 值	进 展 时 间	时 间 比 /%		计划 值	实际 值		计划 值	实际 值		

填表人 _____

填表日期 _____

审核人 _____

审核日期 _____

表 3-44 进度报告

项目名称 _____

项目编号 _____

施工过 程编 号	施工过 程名 称	工程量		完成率 /%	工作量		工作班次 /(班·天 ⁻¹)	延 续 时 间 /天	进度参数 [表示实际进度]/天				总时差 /天	自由时差 /天	备注	
		单位	数量		单位	数量			最早 开始	最迟 开始	最早 完成	最迟 完成				

填表人 _____

填表日期 _____

审核人 _____

审核日期 _____

表 3-45 进度预测分析报告

项目名称: _____

项目编号: _____

施工过程 编 号	施工过程 名 称	工 程 量		工作班次 /(班·天 ⁻¹)	原计划时间 /天	预测工作 时 间 /天	预 测 进 度						备 注	
		单 位	数 量				最早 开始	最迟 开始	最早 完成	最迟 完成	总时差 /天	自由时 差/天		

填表人 _____

填表日期 _____

审核人 _____

审核日期 _____

通过检查分析,如果进度偏离计划不十分严重,便可以通过解决矛盾,排除障碍,继续执行原计划顺序和时间安排。这是首先要努力做到的。在经过努力,确定不能按原计划实现时,再考虑对网络计划进行必要的调整,即适当延长工期或改变施工速度。网络计划的调整一般是不可避免的,但应慎重,尽量减少变更计划性的调整。

三、网络计划的调整

(一)网络计划调整的内容

网络计划调整的内容有以下几方面:

1. 关键线路长度的调整

(1)当关键线路的实际进度比计划进度提前时,首先要确定是否对原计划工期予以缩短。如果不拟缩短,则可利用这个机会降低资源强度或费用,方法是选择后续关键工作中资源占用量大的或直接费用高的予以适当延长,延长的时间不应超过已完成的关键工作提前的时间量;如果要使提前完成的关键线路的效果变成整个计划工期的提前完成,则应将计划的未完成部分作为一个新计划,重新进行计算与调整,按新的计划执行,并保证新的关键工作按新计算的时间完成。

(2)当关键线路的实际进度比计划进度落后时,计划调整的任务是采取措施把落后的时间抢回来,于是应在未完成的关键线路中选择资源强度小的予以缩短,重新计算未完成部分的时间参数,按新参数执行。这样做有利于减少赶工费用。

2. 非关键工作的时差调整

时差调整的目的是为了更充分地利用资源,降低成本,满足施工需要。时差调整不得超出总时差值,每次调整均需进行时间参数计算。调整的方法有三种:可以在总时差范围内移动工作,即改变时差的位置,以降低资源强度;也可以延长非关键工作的持续时间或缩短工作的持续时间,以降低资源强度。

3. 增减工作项目

(1) 增减工作项目均应不打乱原网络计划总的逻辑关系,以便使原计划得以实施。因此,增减工作项目,只能改变局部的逻辑关系,此局部改变不影响总的逻辑关系。增加工作项目,只是对原遗漏或不具体的逻辑关系进行补充,减少工作项目,只是对提前完成了的工作项目或原不应设置而设置了的工作项目予以消除。只有这样,才是真正的调整,而不是重编计划。

(2) 增减工作项目之后,应重新计划时间参数,以分析此调整是否对原网络计划工期有影响,如有影响,应采取措施使之保持不变。

4. 逻辑关系的调整

逻辑关系改变的原因必须是施工方法或组织方法改变。但一般说来,只能调整组织关系,而工艺关系不宜进行调整,以免打乱原计划。调整逻辑关系是以不影响原定计划工期和其它工作的顺序为前提的。调整的结果绝对不应形成对原计划的否定。

5. 工作持续时间的调整

如果工作的持续时间计划有误,在检查中被发现,或者实施中发现原持续时间计算无误,但实现的条件不充分,便可进行调整。调整的方法是重新估算持续时间,按新时间实施。每调整一次就应重新计算时间参数,以观察该调整对总工期的影响。

6. 资源调整

资源调整应在资源供应发生异常时进行。所谓异常,即因供应满足不了需要(中断或强度降低),影响到计划工期的实现。资源调整的前提是保证工期或使工期适当,故应进行工期规定(确定)资源有限或资源强度降低工期适当的优化,从而达到使调整取得好的效果的目的。

以上调整内容,可以是其中的一项,也可以是其中的几项或全部。

网络计划的调整工作应与网络计划的检查时间一致,或作应急调整,以定期调整为主。

(二) 网络计划调整方法

1. 网络计划调整过程

当网络计划与实际进度有较大偏差时,便应作出调整网络计划的决定。调整之前,应分析偏差产生的原因,从中找出关键的原因,还应分析该偏差对后续工作产生的影响,进而提出调整计划的目标,应采取的措施,选择调整方法,在原计划执行的基础上形成新的“调整计划”。进度计划调整后,还应对资源计划作相应调整,在新的计划期中,执行该“调整计划”。以上过程可用图 3-102 表示。

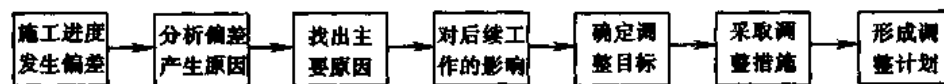


图 3-102 网络计划调整程序

2. 进度计划调整目标的选择

进度计划调整目标有以下几种类型:

- (1) 总工期不允许延长的进度调整;
- (2) 总工期可以延长的进度调整;

- (3)总工期可以拖延某一定值的调整;
- (4)某后续工作开始时间不允许拖延的进度调整;
- (5)某后续工作开始时间允许拖延的进度调整;
- (6)某后续工作开始时间拖延有限制的进度调整。

3. 分析偏差对后续工作影响的程序

如果发现某项工作出现偏差,首先应判断它是否处在关键线路上。如果是在关键线路上,肯定会影响总工期,应进行调整;如果不是在关键线路上,还应判断此偏差是否大于总时差,如果大于总时差,则又会影响总工期,应进行调整;如果偏差小于总时差,还应判断是否大于自由时差,如果大于自由时差,便会影响后续工作,应予调整;如果偏差小于自由时差,则不会对后续工作产生影响,可不予调整应继续执行原计划。以上程序可用图 3-103 说明。

4. 调整时间的措施

当进度偏差影响总工期时(使总工期延长),应采取措施使之缩短,或保持原工期不变,或使总工期延长最少。要做到这一点,必须缩短关键线路上的工作的持续时间。缩短关键工作持续时间的办法主要有以下几个:

- (1)增加资源(主要是劳动力和机械)的数量;
- (2)不增加资源数量,但延长日作业时间;
- (3)提高工人或机械的工作效率;
- (4)采用分段搭接施工的方法(在工作面允许的情况下);
- (5)改变施工方案,调整施工顺序,使之有利于缩短时间,如原为手工操作,现改为机械操作,原为现场制作,现改为预制。

一般说来,无论采用哪种措施,都会增加费用(搭接施工有可能不增加费用),因此选择加快对象应选择费用率最低的关键工作。

加快某项工作还应有利于资源的均衡使用,故应选择持续时间较长、压缩潜力较大的工作。

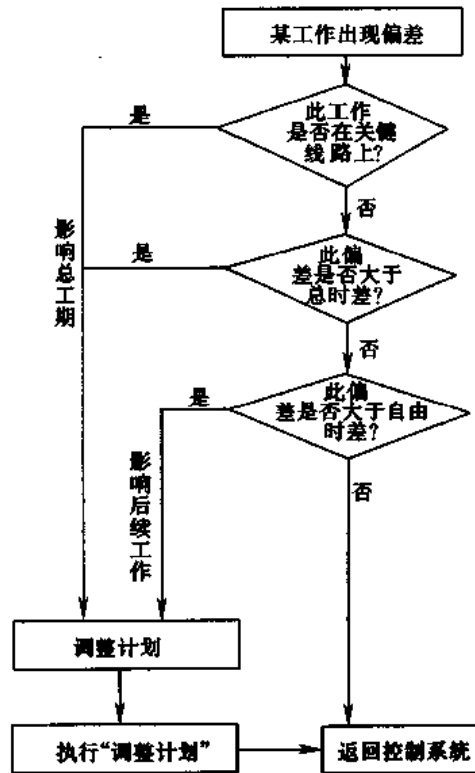


图 3-103 分析网络计划中某工作偏差对后续工作影响的程序

第八节 网络计划电算概念

网络计划的优化、调整以及大型网络的计算,如果用手算是难以实现的,计划人员往往由于运算繁琐而摒弃这一科学的方法,以致影响网络计划的推广。由于网络计划的优化需要及时调整,这只有通过电算才能实现,因此,网络计划的电算是当前计划管理现代化必要的手段。目前国内外网络计划的电算程序功能十分丰富,本节只取其基本概念作简单介绍。

一、网络计划电算的功能

(一)时间计算功能

网络计划的时间计算是求解网络计划最基本的要求。在时间计算方面的功能如下:

1. 自动检查网络计划的编号

机器能自动检查节点的编号错误,紧前节点的编号 i 必须小于其紧后节点的编号 j (即 $i < j$),网络计划各工作的输入顺序按其起点节点号从小到大排列,如果网络编号有错误,计算机能指出并自动更正。为了简化起见,最后输出的网络编号仍按原网络输入的编号,其相应的时间参数均不变,但要求用户对节点的编号不得有重复。

2. 检查网络计划中出现的循环回路

在编制的网络计划中,如果出现循环回路,机械能自动查出并输出构成循环回路的所有工作。用户更正循环回路的错误后,再重新输入正确的网络计划。

3. 计算各活动的时间参数并输出水平进度计划

计算出网络计划的时间参数(ES 、 EF 、 LS 、 LF 、 TF 、 FF)并分别按关键线路和非关键线路分别输出计算结果,也可按事项编号顺序输出。以上输出结果除了用工作天表示外,还能根据规定开工日期自动输出上述时间的日历日期和水平进度计划,输出的形式完全符合水平进度表的要求,并在进度表上能表明关键线路以及在非关键线路上表明总时差。此外,水平进度表能按所需的日历单位输出,如每格可以表示日、周、旬甚至月,并注出星期日和法定节日。

(二)网络计划的分级调整和资源需要量

1. 分级输出网络计划

根据各级领导机构对网络计划的不同要求,可分级输出各种粗细精度的网络计划。

2. 网络计划在执行过程中的调整和修改

网络计划在执行过程中,根据变化情况及时进行调整和修改。计划的制定仅仅是计划工作的开始,在执行过程中,由于客观条件的变更,计划也将随着不断地变化。因此,在计划执行过程中应不断地收集计划实施情况的资料进行分析,采取有效措施调整计划。网络计划调整的内容归纳为以下三种情况:

(1)将已经完成的工作或因其它原因需要取消的工作,从原有的网络计划中取消;

(2)根据工程实际进展情况,修改某些工作的持续时间;

(3)由于编制网络计划时考虑不周或其它原因,在网络计划上需要增加某些工作。

网络调整程序就是针对上述三种情况,利用原有网络计划进行调整。每次调整均在前次调整的基础上进行,计算机可及时输出经调整后网络计划的时间参数和水平进度计划。网络调整是一项较实际而又繁琐的工作,是网络在实施过程中必须要做的环节。用手算调整往往由于费时和手续麻烦而不能及时满足要求,久而久之将使原编制的网络计划成为一种形式或存档材料,失去了控制进度的作用。因此,网络调整是网络计划实施和贯彻中的重要环节。

3. 输出资源需要量

输入网络计划中各个工作每日资源需要量,可计算出每日总资源需要量和累计量。可按活动最早开始(ES)及最迟开始(LS)时间分别输出需要量或绘出资源变动曲线。

(三)其它网络计划程序功能

1. 非肯定型网络计划程序

这与肯定型网络计划的功能相同,并增加在各种规定工期下完成项目的概率和各工作的概率。

2. 群体网络计划程序

群体网络计划的电算程序着重在某种主要资源的均衡性和连续性,从实际工期、资源量和工艺要求的条件出发编制出群体网络计划。群体网络程序的要求应与年度计划、季度计划、月度计划相结合。

3. 流水网络计划程序

根据流水网络计划原理建立数学模型所编制的流水网络计划程序的功能可输出各种专业工人的日需用计划、施工进度计划、劳动力资源曲线、材料资源曲线、机械资源曲线等。

4. 单代号网络计划

单代号网络计划的电算可节约机器的存储量。在西欧广泛应用的梅特拉位差法(MPM)的网络计划就是单代号网络的一种较完善的形式。MPM网络的特点是允许出现环路,可以对两项紧接工作之间的时距作出强制限制。MPM电算程序除了上述肯定型网络的功能以外,还可以输出网络图形,对每个事项分别输出工作的全部时间参数,见图3-104所示。

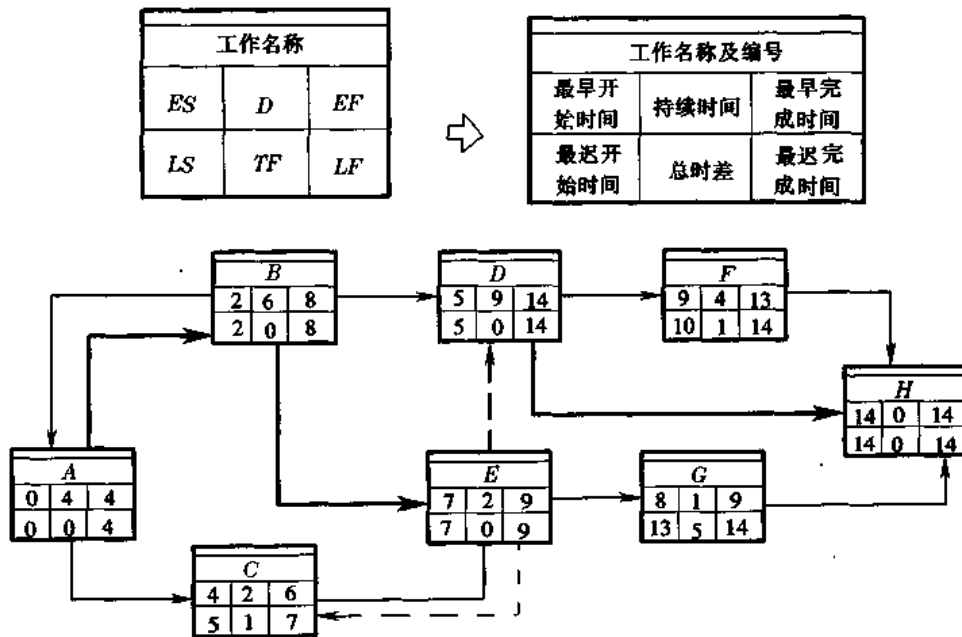


图3-104 电脑输出的MPM网络图示例(粗线为关键线路)

(四)网络计划优化程序功能

1. 按规定工期重新调整网络的时间

计算出网络计划的时间后,当总的施工工期超过规定工期或小于规定工期并相差较大时,机器根据输入的各工作中可能采用的加快或延长时间(即 d_{ijmax} 及 d_{ijmin})可自动调整,最后输出满足规定工期要求的并符合工艺逻辑顺序的网络。

如果规定工期过短或过长时,用尽所有的 d_{ijmax} 和 d_{ijmin} 尚不能满足规定的工期,则按实际输入数据打印出最长或最短的工期。

2. 求解资源有限、工期最短的网络计划

这是在工程实践中经常遇到的问题。国内外求解的方法较多,但目的是相同的,即自动输出满足一种有限资源条件下求解工期最短的网络计划,并且满足工艺逻辑要求。

3. 工期规定、资源分配最优的网络计划

即满足规定工期并使资源分配最优,也就是使资源需要量计划的均衡性最优。均衡性是一个反映离散程度的指标,通过求资源需要量图形包含的面积和其均方差最小即为最优方案。计算结果是能达到资源最优方案的一个近似解。

4. 工期与成本优化的网络计划

达到工期最短而成本最低的目的,即首先求出不同计划工期所对应的工程成本,继而求出达到工程最低成本所对应的最优工期。

(五) 绘制双代号网络计划图

只需向电子计算机输入工程项目各工作的联系关系,即各紧前紧后工作的关系及其持续时间,就可以自动绘制双代号网络图,并注出关键线路及非关键线路上的总时差。此外,还可绘制出带时间坐标的网络图及资源优化,这可大大简化绘制网络图的手续。

除以上电算功能以外,还能输出整个网络计划的技术参数汇总表,包括:总工期、开工日期、节点和工作总数、各资源总需要量、平均每天资源需要量、最高每日资源需要量及资源需要量不均衡系数等。

上述网络计划的功能在我国均已实现,并在实际中得到应用。目前在我国建筑业计算机的应用,大多数还是单项程序,应综合成程序链或软件包,这样才更有利于网络电算的推广。必须指出,网络计划的电算,只有在运用优化计算的条件下才能显示其优越性,故更应发展和完善网络计划优化的程序。

二、网络计划时间计算的数学模型简介

编制程序前最主要的工作是建立数学模型。前已述及网络计划的时间计算方法,数学模型就是找出计算的规律并列公式,然后拟定出计算步骤并绘制出时间计算的框图,根据框图逐步逐句写出程序。

(一) 计算网络计划的时间参数需要输入的数据

网络图中各节点的编号、工作的名称(或代号)及其持续时间,是最基本的数据。如果需要按要求工期来编制进度,在计算过程中作自动调整,则各工作需要输入最短、最长及最可能的三种持续时间。如果需要计算资源需用量并进行优化,则必须输入各工作的资源量及资源有限的约束条件。如果需按时标打印出水平进度,则需输入时标表并指出周日及法定假日。不同的机型和设计方法对输入数据的方式亦各异,但输入数据的内容相似。

(二) 时间参数的计算公式

应用计算机计算时间参数,方式与本章第三节中所述的时间计算有类似之处。但计算机只计算每个节点最早时间及最迟时间,这是为了节省内存单元。在输出计算结果时,可以再由节点时间参数通过简单运算后输出。

最早及最迟时间的计算公式如下:

节点 j 的最早时间 ET_j 是其所有紧前节点 i 的最早时间 ET_i 加工作 ij 的持续时间 D_{ij} , 并取其最大值。即

$$ET_j = \max[D_{ij} + ET_i] \quad (3-117)$$

节点 i 的最迟时间 LT_i 是所有紧后节点 j 的最迟时间 LT_j 减工作 ij 的持续时间 D_{ij} , 并取其最小值。即

$$LT_i = \min[LT_j - D_{ij}] \quad (3-118)$$

在程序中应说明当网络计划的总节点数为 n 时, 必须满足以下条件:

$$1 \leq j \leq n; 0 \leq i \leq n-1; i < j; LT_n = \lambda$$

符号 λ 为总工期, 其余符号同前。

工作的时间计算数学模型如下:

$$ES_{ij} = ET_i$$

即表示工作 ij 的最早开始时间 ES_{ij} 等于起始节点 i 的最早时间 ET_i 。

工作 ij 的最早结束时间 EF_{ij} , 等于起始节点 i 的最早时间 ET_i 加工作 ij 的持续时间。

即

$$EF_{ij} = ET_i + D_{ij} \quad (3-119)$$

或

$$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij} \quad (3-120)$$

工作 ij 的结束时间则可按下式计算:

$$LF_{ij} = LT_i \quad (3-121)$$

或

$$LS_{ij} = LT_j - D_{ij} \quad (3-122)$$

$$LS_{ij} = LF_{ij} - D_{ij} \quad (3-123)$$

然后, 按总时差公式计算工作 ij 的总时差 TF_{ij} :

$$TF_{ij} = LT_j - ET_i - D_{ij} \quad (3-124)$$

或

$$TF_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} \quad (3-125)$$

$$TF_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij} \quad (3-126)$$

根据以下三个条件即可找出关键线路, 即

$$ET_i = LT_i \quad (3-127)$$

$$ET_j = LT_j \quad (3-128)$$

$$LT_j - ET_i - D_{ij} = 0 \quad (3-129)$$

(三) 时间参数计算框图

时间参数计算的数学模型确定后, 就拟定计算步骤, 即绘出时间参数计算的粗框图(图 3-105)。

网络计划的时间参数计算是网络计划电算的基础, 在时间参数计算程序中应有自动检查网络编号中的错误和检查循环回路的功能。对前者, 使机器能自动更正, 计算后仍按原网络编号输出, 以便于用户操作, 不必重新更正。检查出循环回路后, 则必须更正原网络图后重新输入。

电子计算机计算出网络计划的时间参数后,应继续实现绘制资源需用量曲线、绘制水平进度计划、进行计划调整及网络计划优化等一系列功能,以完成网络计划电算的完整内容。这些功能对大、中型网络计划如用手算是难以胜任的。因此,如果认为只要计算出网络计划的时间参数后,电算便已完成了网络计划的计算内容,这是不够的,尤其是网络计划的调整和优化,它是实现网络计划的主要组成部分。

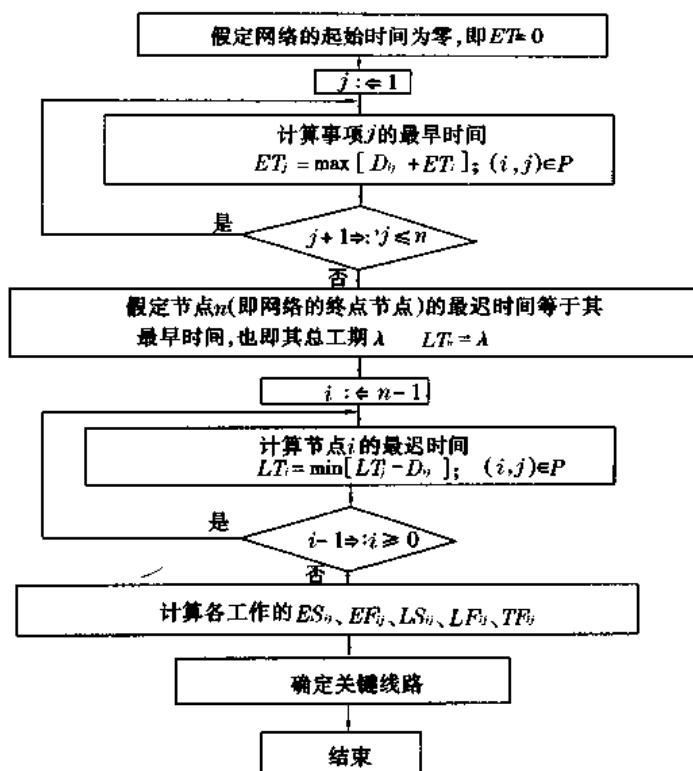


图 3-105 网络计划时间参数计算粗框图

三、网络计划管理系统与建筑工程项目管理软件包

从各建筑企业的实际需要出发,编制解决施工组织设计及施工管理中的单项网络计划程序是网络计划电算的初级阶段。将若干相关的单项网络计划程序组合成网络计划程序链,就可达到解决网络计划一系列任务的目的。这是以单项网络计划程序为基础,进一步发展达到整个建筑企业都纳入网络计划管理系统,以保证最合理地利用建筑机构资源、提高劳动生产率、缩短工期、降低工程成本及提高计划管理的效果。这就是当前建筑业电算管理发展中较完善的一种形式——建筑工程项目管理软件包。

建筑工程项目管理软件包由数据库及若干子系统组成。图 3-106 所示是建筑工程项目管理软件包的系统图示例。它是按模块式进行设计的。各子系统有相对的独立性,它们既可独立使用,又可串联使用。软件包主要由网络计划、成本控制及财务管理三个模块组成并作综合处理。网络计划是其中主要的模块,全部数据从数据库取用,经各模块处理后,通过报告生成模块打印,同时亦存入数据库提供其它模块取用。

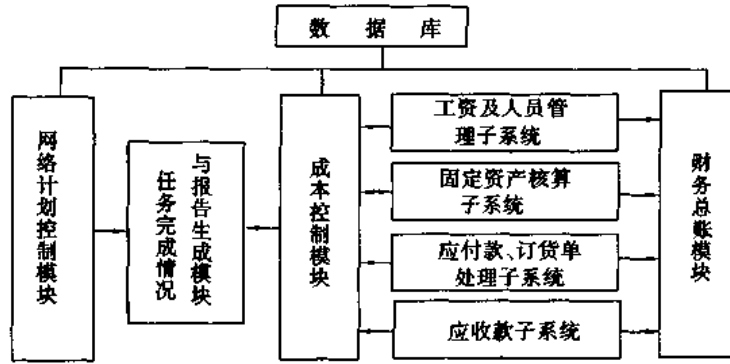


图 3-106 建筑工程项目管理软件包系统图示例

网络计划控制模块由群体网络(T_1)、资源平衡(T_2)、水平进度计划与单代号网络图(T_3)、单位工程网络计划(T_4)四个模块组成(图 3-107)。

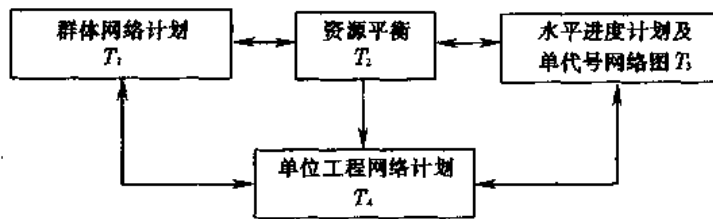


图 3-107 网络计划控制模块的组成图示例

网络计划控制模块的功能有：

- (1)可打印出逐周逐月的动态网络计划；
- (2)通过人机对话与屏幕操作可输出各类水平进度计划；
- (3)编制并计算群体网络,可输出各类计划报表；
- (4)根据不同层次可输出数种领导层(如局、公司、处、工程队等)所需的进度计划；
- (5)通过人机对话进行数种资源平衡；
- (6)子模块 T_3 可绘制网络计划和水平进度表,进度表的时间坐标可按小时、日、周、月、季及年度输出,这些时间单位均根据用户的需要来定。

此外,成本控制和财务总账模块,以及其它各子系统都有十分完善的功能,供建筑企业管理使用。

第四章 单位工程施工组织设计

第一节 概 述

一、单位工程施工组织设计的作用

单位工程施工组织设计是指导和组织单项工程施工的重要文件。如果该单项工程是一个群体建设项目(例如新建的工厂或居住建筑群体)中的一个组成部分,则该单位工程设计还要受群体项目施工组织设计规定条件的约束,要从群体项目施工的全局出发来考虑。群体项目施工组织设计亦称施工组织总设计或全工地性施工组织设计,将在第五章中详细介绍。

单位工程施工组织设计是合理组织单位工程施工和加强施工管理的重要措施。它在工程开工前的施工准备工作阶段中最先完成,是施工准备工作的重要内容之一,同时又可用以指导施工准备工作。50年以来的施工实践表明,单位工程施工组织设计是施工中必不可少的行之有效的文件,也是建筑施工企业科学管理的方法。它是组织施工的全面性的技术、经济文件,目的是以最小的消耗而取得最大经济效益及高质量。

在单位工程施工组织设计中要正确处理好工程中空间与时间、人力与物力、工艺与设备、技术与经济、专业与协作、供应与消耗以及生产与储存之间的问题,事先作出预见性计划。

单位工程施工组织设计应有权威性,首先要求必须从实际出发,进行调查研究,听取多方面意见,特别是基层施工队的意见,并且采用先进的施工方法,进行各方案的技术经济比较,在选择最优施工方案的基础上编制。这样所编制出的单位工程施工组织设计就是反映客观的最佳方案,才有权威性,方能要求施工中必须遵照执行。

单位工程施工组织设计是提供编制建筑施工部门年、季、月计划的根据。在单位工程施工组织设计中,应提出该工程施工中各阶段所需的人力、物力、财力等的需要量和需要时间。

二、单位工程施工组织设计的内容

单位工程施工组织设计的内容根据施工对象的工程量大小、工程项目技术上的复杂程度、施工现场的自然条件、工期要求、采用先进技术的程度、施工单位的技术力量以及对所采用的新技术熟悉程度来确定。故单位工程施工组织设计所编制的深度和广度各不相同,应一切从真正解决实际施工问题出发。而每一个组织设计的重点,根据实际要求,也可各异,不强求一致,以讲究实效,在实际施工中起指导作用为目的。

独立的某一单位工程与某单位工程是属于工业或民用群体建设项目的—一个组成部分,

虽然同样都是单位工程,但其施工组织设计内容是不同的。如果属群体建设项目中的单项工程,则必须根据建筑群的施工组织总设计的内容和对该单位工程的要求,例如工期、材料供应、临时道路、混凝土与砂浆等半成品供应、预制构件及其它成品的供应等,作为编制的依据或某种限制条件,并且要从整个建设项目总体全局出发。如果是单独的某个单位工程施工,则所编制的单位工程施工组织设计,只要以本工程的施工条件为基础即可。但是,无论属于何种情况,单位工程施工组织设计均需有以下基本内容:

1. 拟建工程的概况和施工自然条件

这是编制施工组织设计的依据和基本条件。工程概况可附简图说明,各种工程设计及自然条件的参数(如建筑面积、建筑场地面积、造价、结构型式、层数、地质、水、电等)可列表说明,一目了然,简明扼要。施工条件着重在资源供应、运输方案及现场某些特殊的条件和要求,以及由此而需特别重点解决的内容。

2. 施工方案

这是单位工程施工组织设计的重点。应着重于各施工方案的技术经济比较,力求采用新技术,选择最优方案。好的施工方案对组织施工有实际的经济效益,且可缩短工期和提高质量。譬如说,在若干方案的比较中,最终所选择的最优方案比其它方案造价仅降低1%,但由此所降低成本的实际数值却很可观,这就是施工组织设计编制人员劳动所创造的效益。何况在实际方案比较中所降低的造价,远远超过1%,但是这种技术经济比较的工作往往被人们忽视。

确定施工方案时,应考虑如主要施工机械选用,机械布置位置及其开行路线,现浇钢筋混凝土施工中各种模板的选用,混凝土水平与垂直运输方案的选择,降低地下水的方案比较,各种材料运输方案的选择等等,尤其是对新技术,则要求更为详细。

3. 施工进度计划

施工进度计划中应反映出工程项目由哪些分部、分项工程或施工过程所组成,它们之间的连接关系和施工顺序,各施工过程的劳动组织、工作日以及配备的施工机械台班数等。因此,施工进度计划要反映出整个工程施工的全过程。不同的施工方案,其施工进度亦不同。寻求最优施工进度的指标是资源需用量均衡、工期合理或遵照规定工期完工,在合理使用资源的条件下和不提高施工费用的基础上,使工期最短。

实践证明,应用流水作业理论和网络计划技术来编制施工进度能获得最优的效果。在编制好施工进度计划的基础上还应计算并编制各种资源的需要量计划。

4. 施工平面图

在施工平面图上合理布置材料堆放仓库、临时建筑物、搅拌站、施工机械等的位置,力求使材料及预制构件的二次搬运最少。所谓“文明施工”的标志主要是指施工现场井井有条,布置合理,各种运输路线畅通,为施工创造良好的条件,并且施工现场及时清除工程施工垃圾,排水系统能迅速排除雨水和施工废水;材料和预制构件的堆放要以便于施工为目的,并注意堆放方法,以减少损耗。

5. 确保工程质量和安全、防火措施

这是单位施工组织设计必须的内容,但务必结合工程实际情况和施工单位的条件来拟定,绝对避免堆砌千篇一律的那些条文,而要拟订能起实际指导作用的措施。对于常规的规则,如“进场要戴安全帽”、“混凝土试块鉴定”等不必写入。这种基本条例是必须要做到的。

除施工方案要进行技术经济比较以外,进度计划和施工平面布置同样也需要进行方案比较,在多方案的论证下才能选择最优的方案以达到最好经济效益。

对于较简单的工程或是一般经常施工的项目,施工单位已积累了较多的经验,可以拟定标准、定型的单位工程施工组织设计,根据具体施工条件从中选择相应的标准施工组织设计,按实际情况加以局部补充和修改后,即成为本工程的施工组织设计,以简化编制施工组织设计的手续,并节约时间和劳力。

这种标准的、定型的施工组织设计只有依靠本施工单位力量,依据过去的经验和本单位的实际条件来拟订。日本著名的几家大建筑公司,各自都有本公司的整套施工组织设计文件和电算软件,由于建筑业的市场竞争激烈,各公司之间都互相保密。

三、编制单位工程施工组织设计的依据

编制单位工程施工组织设计的依据是:

1. 建设单位对本工程的要求:如开竣工日期、质量要求、某些特殊施工技术的要求、采用何种先进的技术、计划材料提供情况、施工图供应计划以及建设单位可提供的条件(如施工用临时建筑、水电气供应、食堂及生活设施等)。

2. 施工组织总设计:当该单位工程是建筑群的一个组成部分时,要根据施工组织总设计的既定条件和要求来编制单位工程施工组织设计。

3. 施工单位对本工程可提供的条件:如劳动力、主要施工机械设备、各专业工人数以及年度计划。

4. 工程地质勘探资料、地形图、当地气象资料。

5. 本工程施工用水、电、气等供应情况,如供应量、水压、电压以及供电的连续性等情况。

6. 建筑材料、半成品、成品等的供应情况,如主要材料、成品、半成品的来源,运输条件,运距以及价格,货源是否充足,水运封冻时间,铁路运输的转运条件。

7. 施工图纸中所需构件、门窗的标准图集,国家及地区的规定、规范、定额、验收规程、操作规程。

8. 施工单位对类似工程的施工经验资料。

9. 工程施工协作单位的情况,设备安装进场的时间。

10. 当地政治、经济、生活、文化、商业以及市场供应情况。

11. 对本工程的特殊的施工技术要求和特殊的施工条件。

12. 本工程的施工图、施工图预算及施工预算书。

四、单位工程施工组织设计编制程序

编制单位工程施工组织设计的一般程序如下:

1. 熟悉施工图、会审施工图,到现场进行实地调查并收集有关施工资料。

2. 计算工程量,注意必须要按分部分项和分层分段分别计算。

3. 拟定施工方案,进行技术经济比较并选择最优施工方案。

4. 编制施工进度计划,同样要进行方案比较,选择最优进度。

5. 根据施工进度计划和实际条件编制下列计划:

(1)预制构件、门窗的需用量计划提送加工厂制作;

(2)施工机械及机具设备需用量计划;

(3)总劳动力及各专业劳动力需要量计划。

6. 计算为施工及生活用临时建筑的数量和面积,如材料仓库及堆场面积,办公、工具室、临时加工棚面积。

7. 计算和设计施工临时用水、供电、供气的用量;选择管径及管线布置;选用变压器、加压泵等的规格和型号。

8. 拟订材料运输方案和制订供应计划。

9. 布置施工平面图同样要进行方案比较,选择最优施工平面方案。

10. 拟定保证工程质量、降低工程成本和确保施工安全的措施和防火措施。

第二节 编制单位工程施工组织设计的基本原则

编制单位工程施工组织设计应遵照以下基本原则:

1. 做好现场工程技术资料的调查工作

一切工程技术资料是编制单位工程施工组织设计的主要根据,原始资料必须真实,数据要可靠,特别是水文、地质、材料供应、运输以及水电供应的资料。每个工程各有不同的难点,组织设计中应着重在施工难点的资料收集,有了完整、确切的资料,就可根据实际条件制订方案和从中优选。

2. 充分做好施工准备工作

单位工程开工前的施工准备工作是围绕材料、设备及施工队伍进场所作的准备工作,如会审图纸、三通一平以及搭设一切为施工用的临时建筑等。工程开工后,在每一个分部工程施工之前均有相应的准备工作,必须提前完成,为后续施工过程的顺利进行创造条件。制订准备工作的计划要有预见性,有经验的单位工程负责人都是努力抓好准备工作的各个环节,才能使工程有计划地顺利进行。

3. 选用先进的施工技术和施工组织措施

从当前的技术水平出发,以实事求是的态度,在调查研究的基础上拟订经努力后有实现可能的新技术和新方法,进行科学的分析和技术经济论证之后作出决定。其目的是在确保质量的前提下提高劳动生产率、降低成本和缩短工期。如当前的企业经营承包责任制、目标管理制,层层承包,将质量、工期、材料耗用三者捆起来连同人工费一包到底的方式是有成效的。

在采用先进技术的基础上,应推行先进的管理方法,以提高职工水平和企业素质。

4. 安排合理的施工顺序

编制计划要有预见性,要有合理的施工顺序,要为后续工作创造施工条件并做好一切准备工作。例如材料、构件的运输,就位,搭设脚手以及开辟施工作业面等。各种类型工程的施工都有客观的顺序。先将工程划分成若干个施工阶段,尽可能进行流水作业,各个施工阶段之间互有搭接、衔接以及平行作业,要考虑某些施工过程中需有必需的技术间歇。合理的施工顺序应注意各施工过程的安全施工,尤其是立体交叉作业和平行作业更要采取必要而可靠的安全措施。

5. 土建与设备安装应密切配合

重工业工程项目有较大的设备安装工程量,如化工厂、电厂、钢铁厂等。这些工程的设备安装必须与土建施工尽可能的搭接或并行施工,才能缩短工期。某些工程项目有体积大的重型设备的安装,在施工工艺上必须与土建施工交叉进行。因此,在组织施工时要考虑到安全和工艺技术上的各个施工环节,最好采用分段流水作业。预埋在建筑物结构内部的水电管道等设备的安装,必须与土建穿插进行,以免结构及装饰工程完成后再凿开埋设,造成人力、物力、经济损失,要严格制订前后工序搭接验收制度。

6. 进行方案的技术经济分析

不仅是施工方案,还有进度计划、施工平面布置、交通运输、购置施工设备以及各种组织管理体制等均要进行技术经济分析,采用多方案评比的方法,从中选优。这是提高工程建设经济效益的有效方法。这需要长期积累数据,进行统计,归纳后制成图表,便于查用,或借助电子计算机技术进行优选。

7. 确保工程质量、降低工程成本和安全施工

在单位工程施工组织设计中应根据本工程条件拟订保证质量、降低成本和安全施工的措施,务必要求切合实际、有的放矢,措施要有根据,并在施工中能达到所提要求。决不要凑数或提出一些不着边际的空洞口号。

第三节 施工方案的优选

施工组织设计的重点是施工方案选择,这直接影响单位工程施工的经济效益和工程质量等一系列指标。

以下即分别介绍施工方案优选中的一些主要内容。

一、确定合理的施工顺序

(一)单位工程施工部署

所谓施工部署就是从整个工程全局观点来考虑,如同作战的战略部署一样,这是组织施工中决策性的重要环节。单位工程施工部署要解决以下主要问题:

1. 对该单位工程施工,拟划分哪几个施工阶段? 在每个施工阶段中需配备哪些主要施工机械、劳动力和主要的施工方法?

对一般单位工程来说,可分:

(1)基础工程——包括地下水处理、土方、打桩、垫层、钢筋混凝土基础、砖基础、防潮层等分项工程。

(2)主体结构工程——各种不同形式的工程,其主体结构工程各异,如:

①装配式工业厂房包括构件预制、安装;

②砖混结构房屋包括各层砌筑砖墙和安装预制楼板(包括楼梯、部分现浇钢筋混凝土及搭脚手);

③现浇钢筋混凝土框架包括各层支模、扎钢筋、浇筑混凝土、养护、拆模(包括部分预制楼板安装)。

(3)围护及装饰工程——砌围护墙、屋面防水、内外粉刷、地平、门窗扇安装、油漆、玻璃

等。

2. 对该单位工程施工,确定哪些预制构件在现场制作?哪些构件需预制厂供应?采用商品混凝土还是现场自备搅拌机站制作?哪些分部工程可以发包给二包承建?工程施工中不足的劳动力和设备如何解决?

3. 确定结构安装、设备安装、高级装饰、特殊施工项目等的协作单位及分部工程发包的方式。

4. 各主要施工阶段的工期搭接和工期控制的总工期。

(二)确定施工程序

确定单位工程施工程序必须遵循各施工过程之间的客观规律、各工序间相互制约的关系以及施工组织的要求。

1. 施工准备工作

单位工程的施工准备有内业和外业两部分:

(1)内业准备工作——熟悉施工图纸、图纸会审、编制施工预算、编制施工组织设计、技术交底、落实设备与劳动力计划、落实协作单位、对职工进行施工安全与防火教育等。

(2)现场准备——完成拆迁、清理障碍、管线迁移(包括场内原有高压线搬迁)、平整场地、设置施工用的临时建筑、完成附属加工设施、铺设临时水电管网、完成临时道路、机械设备进场、必要的材料进场等。

2. 单位工程基础与主体结构施工顺序的两种方式

单位工程施工顺序的规律一般应遵循先地下、后地上,先主体、后围护,先结构、后装饰的次序。但是,对某些特殊的工程或随着建筑工业化和新技术的发展,施工顺序往往会改变一般规律,例如工业厂房的大型设备基础的施工就有以下两种施工顺序:

(1)开敞式。一般遵照先地下、后地上的顺序。设备基础与厂房基础的土方同时开挖,由于开敞式的土方量较大,可用正铲、反铲、索铲以及铲运机开挖,工作面大,施工方便,并为设备提前安装创造条件。其缺点是对主体结构安装和构件的现场预制带来不便。当设备基础较复杂并且工程量较大时,开敞式施工方法较适用,它是一般重型工业厂房常用的一种施工程序,例如用于电站、冶金工厂、石化厂等。

(2)封闭式。就是设备基础施工在主体厂房结构完成以后进行。这种施工顺序是先建厂房,后做设备基础。其优点是厂房基础和预制构件施工的工作面较大,有利于重型构件现场预制、拼装、预应力张拉和就位;便于各种类型的起重机开行路线的布置;可加速厂房主体结构施工。由于设备基础是在厂房建成后施工,因此可利用厂房内的桥式吊车作为设备基础施工中的运输工具,并且不受气候的影响,其缺点是部分柱基回填土在设备基础施工时会重新开挖,并且设备基础的土方工程施工条件较差。因此,当设备基础的工程量不大时,往往采用封闭式方式。

在封闭式施工时,对设备基础采用沉箱法施工比较有效,注意沉箱需纵横加固好,要考虑侧向土压力对沉箱的影响。尤其是某些改建工程,要求在原有厂房内增加设备基础时,采用沉箱法建造设备基础是较实用的方案,有不少工程(新建或改建)采用这种方法。

对于工业化建筑中的全装配民用房屋施工,外墙的外装饰可在预制厂事先完成,到现场吊装即成,不分结构与装饰的先后。此外滑模施工中主体与围护合并成一体。以上这些均打破了一般传统的施工次序。因此,施工顺序根据实际的工程施工条件和采用的施工方法

来确定,没有一种固有不变的次序。

(三)单位工程施工顺序规律

1. 多层砖混结构房屋施工顺序

多层砖混结构房屋是当前面广量大的建筑工程,其中尤其是住宅房屋比重最大,这种房屋的施工共分基础工程、主体结构工程及装饰工程等三个阶段。其施工顺序有两种方式,见图4-1所示。

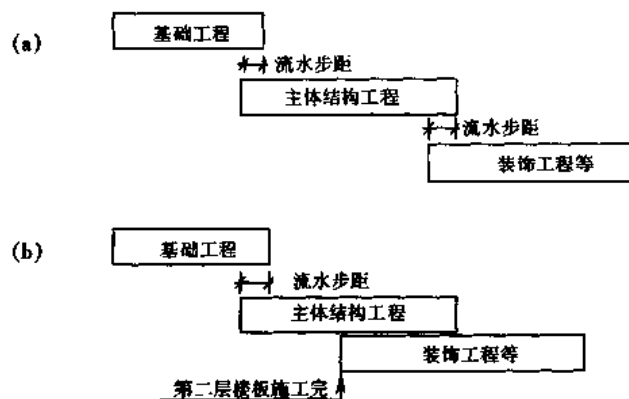


图4-1 多层砖混结构房屋施工顺序的两种方式

(a)顺序衔接施工; (b)装饰工程搭接施工

第一种——当三个阶段均采用流水作业时,三阶段之间有少量搭接时间,即是它们之间的流水步距,见图4-1a。

第二种——装饰工程阶段在第二层楼板安装并嵌缝灌浆后开始,其余同第一种,见图4-1b。

水暖卫生管线在基础工程施工阶段,就应插入施工,将给排水、暖气管道及管沟做好。随着主体结构工程的施工,各种管线工程平行交叉施工,在装饰工程开始之前所有暗管、暗线安装全部完成。

第二种方式的施工顺序及各阶段施工过程搭接见图4-2所示。

以下将各阶段的施工顺序分别说明:

(1)基础工程施工顺序

首先是地基处理,尤其是遇到原地基下的池塘等软弱地基,要清除淤泥,抛填块石。一般地基是原土夯实,然后开始基础施工。一般基础工程的施工过程有基槽挖土、垫层、钢筋混凝土基础或砖砌大放脚,铺防潮层、回填土。如果有地下室的工程,则基础工程包括地下室的施工。

基础工程施工顺序的特点是,工期要抓紧,尤其在基槽开挖后,做垫层之前要安排紧凑,以防雨后基槽内灌水,影响地基的承载能力而造成质量事故及人工和材料的浪费。回填土在基础工程完工后分层夯实,以避免基槽受雨水浸泡,并且可为后续工程施工创造良好的工作条件,便于搭设脚手架和砌砖材料的运输。在回填土之前详细查明有无其它需要开挖的地下沟管,以免日后施工中重新挖开回填土而浪费劳力和工时。

基础工程一般可进行分段流水作业,施工段的划分可与主体结构流水作业中的施工段相同。

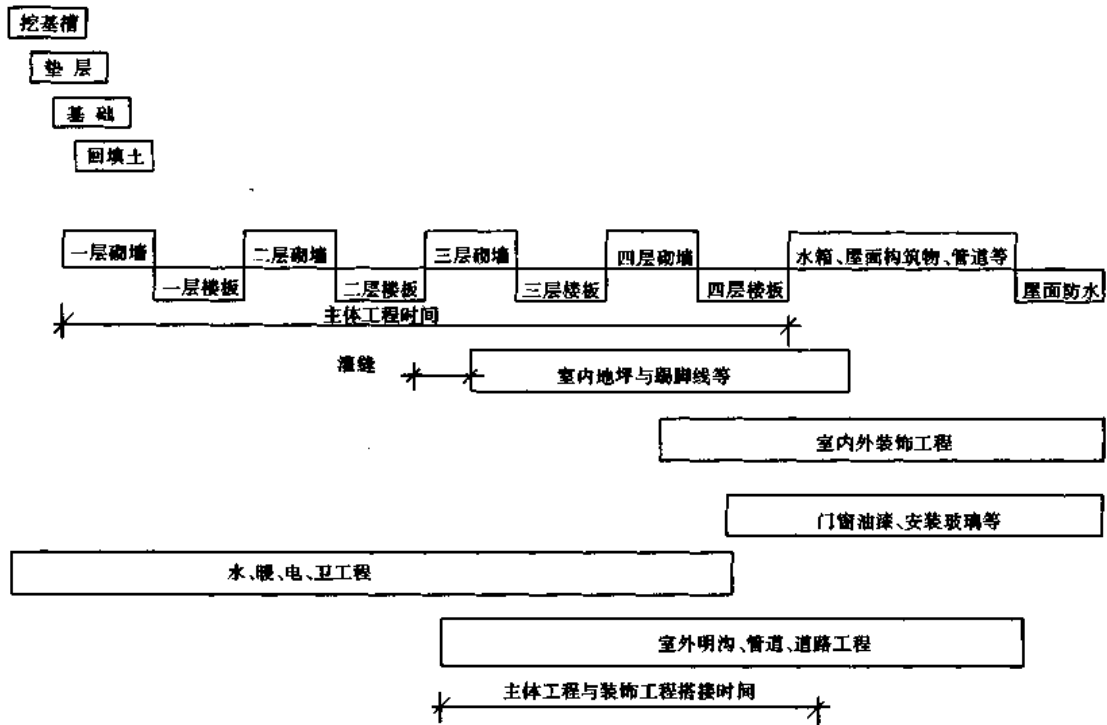


图 4-2 装饰工程搭接施工方式的顺序

基础工程施工一般没有技术间歇。铺设防潮层等零星的工作不必单列一个单独的施工过程项目,可以合并砌砖基础施工中。

(2) 主体结构工程施工顺序

砖混结构的主体结构是主导施工过程,应作为工程施工的重点来考虑。包括以下工作:搭内外脚手架、砌墙、安装门窗框、安装预制过梁、现浇圈梁、安装楼板、现浇部分楼板、安装或现浇楼梯、现浇雨篷及阳台、安装屋面板等,上述这些施工过程应组织流水施工。

要将上述许多施工工作归并成砌墙和安装楼板两个主导施工过程来安排流水作业。

砌墙施工过程中包括:搭脚手、运砖、安门窗框、浇筑圈梁、部分现浇楼盖和现浇楼梯等。

安装楼板施工过程中包括:安装楼梯及其它预制过梁。

由此可见,砌墙施工过程中的工作量较多,尤其是当现浇部分的工作量增多时尤为突出。因此,减少砖混结构房屋的现浇工程量时,便于组织施工并缩短工期。

(3) 装饰及其它工程施工顺序

当砖混结构的主体工程完成以后,最终是装饰及其它工程,该工作项目多而耗用劳动量大。主要包括以下施工过程:内外墙抹灰、安装门窗扇、安装玻璃和油漆、内墙刷面、室内地平、踢脚线、屋面防水、安装落水管、阳台、雨篷、明沟、散水、台阶以及水、暖、电、卫等,其中主导工程是装饰工程,故安排施工顺序应以装饰工程为主导,其余工程交叉、平行穿插进行。

装饰工程的施工顺序——主要有自上而下和自下而上两种方式。自上而下顺序就是先做最高一层的全部装饰工程,逐层依次从上到下施工。采用这种方式的优点是在主体结构全部完成后,整幢房屋有一定的沉降时间;在做好屋面防水层后开始顶层装饰,防止雨水渗漏,可保证装饰的工程质量;在施工组织上,可逐层清理,减少交叉作业,施工亦较安全。其

主要缺点是,装饰工程进场较迟,不能与主体结构工程搭接施工,故总工期较长。

自下而上的方式是在主体结构第二层楼板安装完毕并已嵌缝灌浆后,进行底层的装饰工程,依次逐层从下到上施工。这种方式可使装饰工程提前施工,缩短总工期。若处于雨季,则不宜采用自下而上的施工顺序。在采用自下而上的施工顺序时,由于装饰工程与主体工程立体交叉作业,在材料运输和工人操作时应注意安全,采取有效措施。

装饰工程的工作面较大,因此,当工期较紧时,可以各层全面同时施工,以缩短工期。但要求组织严密,注意各工序之间的技术间歇。

关于室内地平和抹灰工程的施工顺序。通常是先做地平和踢脚线,然后是天棚和墙面抹灰。其优点是可保证地平质量。如果先做天棚和墙面抹灰,则往往难以清理落地灰渣而引起地面起壳。先做地平有利于收集天棚和墙面抹灰中的落地灰以节约材料,并且楼板与地平的粘结亦较好。如果在组织施工中由于劳动力和操作面安排上的关系,有时也可先做抹灰,后做地平,则要求在地平施工前务必将余灰扫净并用水清洗,以保证地平质量。

室内外的装饰工程在操作工艺上没有影响,只要劳动力和材料供应能满足,可以同时进行。但外墙装饰(包括安装玻璃)必须在外脚手拆除前完成。

外墙装饰工程应避开冬季和雨季施工。走道的装饰一般在各室完成后施工,楼梯抹灰是室内最后一道工序,完成后即封闭。

门窗应先油漆后装玻璃。屋面防水工程在顶层装饰前完成,以免渗漏雨水而损坏室内装饰。由此可见,装饰工程阶段中各个施工过程之间应环环紧扣,并且还要考虑水、暖、电、卫的穿插施工,因各工种的人数较多,在组织设计中要制订相应的质量要求和安全措施。

上述施工顺序,对于各种结构的多层房屋,除主体结构工程有区别外,其余顺序均适用。

2. 装配式钢筋混凝土单层厂房施工顺序

装配式钢筋混凝土单层厂房施工顺序共分:基础工程、预制工程、结构安装工程、装饰与其它工程四个阶段。图4-3所示是各阶段的顺序与衔接关系。对于有设备基础的基础工程,施工顺序有敞开式及封闭式两种方式。单层厂房基础一般是现浇钢筋混凝土杯形基础。重型工业厂房基础,对土质较差的工程需打桩或做其它人工地基。如遇深基础或地下水位较高的工程则需采取人工降低地下水位。当遇到深而体积大的杯形基础,各相邻开挖土方的基坑紧靠,甚至连接时,往往可采用整条轴线贯通开挖,这样虽增加了挖土工程量,但使用铲运机或其它挖土机施工,可能更为经济而有效。

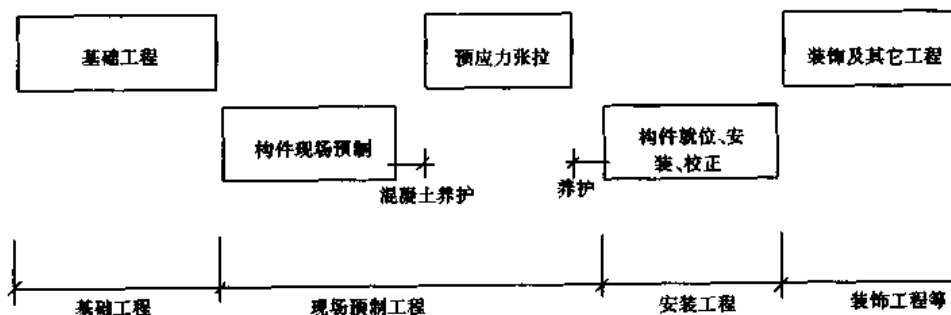


图4-3 装配式钢筋混凝土单层厂房施工顺序

当施工场地较小,开挖的土方必须外运时,在施工组织设计中应详细考虑基础回填的土方堆放地区。

装饰工程阶段的顺序同多层砖混结构施工顺序相似。以下即分别介绍现场构件预制及结构安装施工顺序。

(1)现场构件预制顺序

确定哪些构件是现场预制?哪些构件是由加工厂制作后运到现场?这涉及运输工具、交通道路、运费、加工厂的供应情况和技术条件等,需要经调查研究和分析比较,进行综合评价。通常对于柱、屋架等大型构件,多数在现场就地预制;屋面板、连系梁等中小型构件,由加工厂预制;对于吊车梁、托架梁等构件则要根据实际情况来决策。

对于双肢柱及屋架的腹杆,可以事先预制后在现场拼装入模板内,成为装配整体式构件。这种方法可节约模板、缩短工期、提高质量并且经济,故常被采用,但务必事先制作并尽早提出预制腹杆的加工计划。

预制构件的布置要考虑应力张拉、抽管的技术间距和安全措施。

现场预制构件的工期往往较长,当工期要求紧迫时需采取加速混凝土凝固的措施。

构件预制的顺序,原则上是先安装的先预制,但是,屋架虽迟于柱子安装,但预应力屋架由于需要张拉、灌浆等工艺,并且有两次养护的技术间歇,在考虑施工顺序时往往要提前制作。对多跨大型单层厂房中的构件预制,应分批、分段施工,构件制作顺序与安装顺序和机械开行路线需严密配合。

(2)结构安装顺序

装配式单层厂房的结构安装是整个厂房施工的主导工程,其它施工过程应配合安装顺序。一般单层厂房安装顺序是:柱子安装和校正,在全部柱子安装及校正后进行连系梁、吊车梁、屋盖的安装。当厂房面积较大时,可采用两台或多台起重机安装,柱子和吊车梁、屋盖系统分别流水作业,可加速工期。对一般中、小型单层厂房,选用一台起重机为宜,这在经济上比较合理,对于工期要求特别紧迫的工程,则作为特殊情况考虑。

安装前的准备工作十分重要。包括:预制构件的混凝土强度是否达到规定要求(柱子达70%设计强度,屋架达100%设计强度,预应力构件灌浆后的砂浆强度达15MPa才能就位或安装),基础杯底抄平、杯口弹线,构件的吊装验算和加固,起重机稳定性、起重量核算和安装屋盖系统的鸟嘴架安设,起吊各种构件的索具准备等。

单层厂房安装顺序通常采用大流水作业,即先顺序安装和校正全部柱子,然后安装屋盖系统等。采用这种方式,起重机在同一时间安装同一类型的构件,包括就位、绑扎、临时固定、校正等工序,并且使用同一种索具,劳动力组织不变,可提高安装效率;缺点是增加起重机开行路线。另一种方式是综合安装,即逐开间安装,连续向前推进。方法是先安装四根柱子,立即校正后安装吊车梁与屋盖系统,一次性安装好纵向一个柱距的开间。采用这种方式可缩短起重机开行路线,并且可为后续工序提前创造工作面,尽早搭接施工;缺点是安装索具和劳动力组织有周期性变化而影响生产率。上述两种方法在单层厂房安装工程中均有采用,或者也有采用混合式,即柱子安装用大流水,而其余构件包括屋盖系统在内用综合安装。这些均取决于具体条件和安装队的施工经验。

抗风柱可随一般柱子的开行路线从单层厂房一端开始安装,由于抗风柱的长度较大,安装后立即校正、灌浆,并用上下两道缆绳四周锚固。另一种方法是待单层厂房全部屋盖安装

完毕,最后安装抗风柱,并立即与屋盖连接。在实际安装工程中,出现过单独抗风柱倒塌事故,故应特别注意,事先提出措施。

二、施工方案的技术经济分析

为提高施工的经济效益,降低成本和提高工程质量,在单位工程施工组织设计中的施工方案技术经济分析十分重要。例如,主要施工机械的选择,施工方法的选用,施工组织的安排以及缩短施工工期等方面的技术经济比较。以下通过实例来说明技术经济分析的应用。

(一)主要施工机械选择的经济分析

选择主要施工机械要从机械的多用性、耐久性、经济性及生产率等因素来考虑。如果有若干种可供选择的机械,在其使用性能和生产率相类似的条件下,对机械的经济性,人们通常的概念是从机械的价格高低来衡量。但是在技术经济评价中应全面考虑。机械的经济性包括原价、保养费、维修费、能耗费、使用年限、折旧费、操作人员工资及期满后的残余价值等的综合评价。

例题 4-1 某大型建设项目中需购置一台施工机械,现有 A、B 两台性能相似的机械可供选择,该两台机械的有关费用和使用年限等参数见表 4-1 所列。

表 4-1 A、B 两台机械的有关参数

费用名称	A 机械	B 机械
原价/元	20 000	18 000
年度保养和维修费等/元	1 000	1 200
使用年限/年	20	15
期满后残余价值/元	3 000	5 000
年复利率/%	8	8

试按上述条件合理选择经济的方案。

解 根据投入资金的时间价值和机械的使用年限折算到每个年度的实际摊销费用(即年度费用)来加以比较,这才是正确评价方法。按下式计算:

$$R = P \left[\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right] + Q - r \left[\frac{i}{(1+i)^N - 1} \right] \quad (4-1)$$

式中 R ——折算成机械的年度费用(元/年);

P ——机械原价(元);

Q ——机械的年度保养和维修费(元);

N ——机械的使用年限(年);

r ——机械期满后残余价值(元);

$\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$ ——资金再生系数,即投入资金 p ,复利率为 i ,按使用年限 N 年摊销的系数;

$\frac{i}{(1+i)^N - 1}$ ——偿还债务系数,即未来 N 年的资金(债务),复利率为 i ,在 N 年内每年应偿还金额的系数。

将表 4-1 中两种机械的参数分别代入公式(4-1)。得

$$\begin{aligned} \text{A 机械的年度费} &= 20\,000 \times \left[\frac{0.08 \times (1+0.08)^{20}}{(1+0.08)^{20} - 1} \right] + 1\,000 - 3\,000 \times \left[\frac{0.08}{(1+0.08)^{20} - 1} \right] \\ &= 2\,971.49 \text{ 元} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B 机械的年度费} &= 18\,000 \times \left[\frac{0.08 \times (1+0.08)^{15}}{(1+0.08)^{15} - 1} \right] + 1\,200 - 5\,000 \times \left[\frac{0.08}{(1+0.08)^{15} - 1} \right] \\ &= 3\,118.78 \text{ 元} \end{aligned}$$

故选购 A 机械较为经济。

(二) 施工方案的技术经济比较

在单位工程施工组织设计中施工方案首先要考虑技术上的可能性,即是否能实现,然后是经济上是否合理。在拟定出的若干方案中加以选择。如果各施工方案均能满足要求,则最经济的方案即最优方案。因此,要计算出各方案所发生的费用。

由于施工方案的类别较多,故方案的技术经济分析应从实际条件出发,切实计算一切发生的费用。如果属固定资产的一次性投资,则就要分别计算资金的时间价值;若仅仅是在施工阶段的临时性一次投资,由于时间短,可不考虑资金的时间价值。

举例说明如下:

例题 4-2 某工程项目施工中,混凝土制作的技术经济分析,有以下两个可供选择的方案:

(1) 现场制作混凝土;

(2) 采用商品混凝土。

试根据上述两个方案进行技术经济比较。

解

(1) 原始资料的经济分析

① 本工程总混凝土需要量为 $4\,000 \text{ m}^3$ 。如现场制作混凝土,则需设置搅拌机容量为 0.75 m^3 的设备装置。

② 根据混凝土供应距离,已算出商品混凝土平均单价为 41 元/m^3 。

③ 现场一个临时搅拌站一次性投资费,包括地坑基础、骨料仓库、设备的运输费,装拆费以及工资等总共为 $11\,450 \text{ 元}$ 。

④ 与工期有关的费用,即容量 0.75 m^3 搅拌站设备装置的租金与维修费为 $2\,450 \text{ 元/月}$ 。

⑤ 与混凝土数量有关的费用,即水泥、骨料、附加剂、水电及工资等总共 29 元/m^3 。

(2) 技术经济比较

① 现场制作混凝土的单价计算公式如下:

$$\begin{aligned} \text{现场制作混凝土的单价} &= \frac{\text{搅拌站一次性投资费}}{\text{现场混凝土总需要量}} + \frac{\text{与工期有关的费用} \times \text{工期}}{\text{现场混凝土总需要量}} + \\ &\quad \frac{\text{与混凝土量有关的费用}}{\text{现场混凝土总需要量}} \end{aligned}$$

② 当工期为 12 个月时的成本分析:

$$\text{现场制作混凝土的单价} = \frac{11\,450}{4\,000} + \frac{2\,450 \times 12}{4\,000} + 29 = 39.21 \text{ 元/m}^3 < 41 \text{ 元/m}^3$$

即当工期为 12 个月时,现场制作混凝土的单价小于商品混凝土单价。

③ 当工期为 24 个月时的成本分析:

$$\text{现场制作混凝土的单价} = \frac{11\,450}{4\,000} + \frac{2\,450 \times 24}{4\,000} + 29 = 46.56 \text{ 元/m}^3 > 41 \text{ 元/m}^3$$

即当工期为 24 个月时,购买商品混凝土比现场制作混凝土更为经济。

④当工期为多少时(设为 x)这两个方案的费用相同?

$$\frac{11\,450}{4\,000} + \frac{2\,450x}{4\,000} + 29 = 41$$

$$x = 14.9 \text{ 月}$$

即工期为 14.9 月时,这两个方案的费用相同。

⑤当工期为 12 个月,现场制作混凝土的最少数量为多少(设为 y)时方为经济?

$$\frac{11\,450}{y} + \frac{2\,450 \times 12}{y} + 29 = 41$$

$$y = 3\,404.2 \text{ m}^3$$

即当工期为 12 个月时,现场制作混凝土的数量必须大于 $3\,404.2 \text{ m}^3$ 时方为经济。

由此可见,不同的工期或混凝土数量的变化对费用的变化是有影响的,见图 4-4 所示。

此外,在不同运距下亦可得到商品混凝土的不同单价,可予以比较。

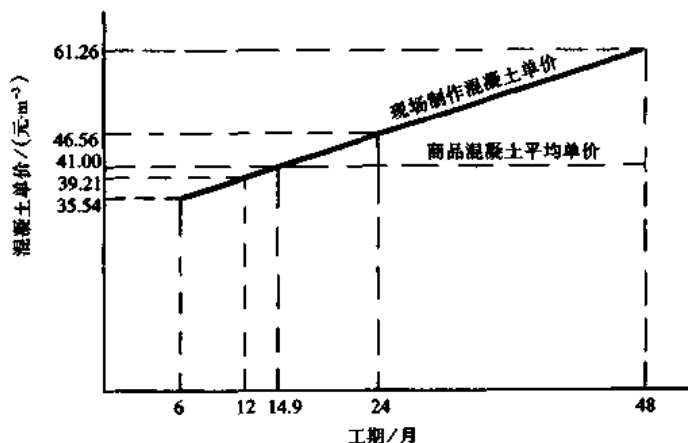


图 4-4 不同工期下混凝土供应的经济比较

通过技术经济比较,可得到各种方案的经济规律,分别制成表格或统计曲线以供查用。因此,建筑企业要掌握大量原始经济资料,以供方案比较之用。经济比较必须严格按实际发生的数据进行计算,决不能先有某种倾向性方案,为了证实它而凑合数据,这就不能真正起到客观分析的效果。经济比较必须实事求是,每个数据都应有根据。

这种经济比较方法虽然计算极为简单,但就在这样简单的计算中得到经济效益的提高。

例题 4-3 某高层宾馆的基础深度 8.95 m , 地下水位在 -1.0 m , 该层地层为渗水性较差的亚粘土层。因此,在基坑开挖前,地下水位应降低至基坑底标高下 50 cm , 才能保证基坑干燥,以利施工。

试进行降低地下水位施工方案的技术经济分析。

解 根据上述实际工程、地质情况和施工条件,拟订了井点降水和深井降水两个方案。这两个方案的费用、劳动力耗用和工期的技术经济指标见表 4-2、表 4-3、表 4-4 所示。

表 4-2 降低地下水方案的费用比较

降水方案	费用/万元	百分率比较/%	说 明
井点降水	8.98	93.6	费用中还包括埋管、挖井及值班管理人员的费用
深井降水	9.59	100	

表 4-3 降低地下水方案的劳动力耗用比较

降水方案	劳动力/工	百分率比较/%	说 明
井点降水	8 400	215	劳动力中还包括埋管、挖井及值班管理人员
深井降水	3 900	100	

表 4-4 降低地下水方案的工期比较

降水方案	工 期	说 明
井点降水	延长总工期 60 天	因井管埋设后,影响打桩,故必须在打桩后,才能埋设井管,需延长工期 60 天
深井降水	对总工期无影响	挖深井可与打桩工程平行施工,故对总工期无影响

从以上三个表中所列技术经济指标来分析,深井降水虽费用较大(比井点降水高约 6%),但是准备工作不占工期,故可缩短工期 60 天,除减少施工管理费用外,还有可能提前交付营业(该项节约费用尚未算入),缩短工期是本工程的关键问题之一。此外,采用深井降水还可利用深井中的地下水,作为混凝土养护及冲洗骨料之用,尤其是夏季,可达到降温的作用。

在技术上,根据施工实践经验及研究文献,采取深井降水在技术上有把握将挖土层内的地下水排除,并与外围的地下水隔断和封闭,以满足施工要求。从最终的经济效益、劳动力耗用和缩短工期来分析,对本工程来说,深井降水的方案比井点降水为优,并且在技术上也是可能实现的。因此,最后选定深井降水。

在布置深井位置以前,先打三个深井并作抽水试验,然后确定深井间距和布置。

井深 12~20m,直径 0.8m,混凝土管外径 37mm。在 8m 以上的管壁留进水孔,外包玻璃纤维布和钢筋网作滤水层,外填绿豆砂层。

基坑开挖后,地表水和雨水的排除,采用在基坑四周挖排水沟和集水井的措施,以确保基坑干燥,图 4-5 为基坑明沟排水的

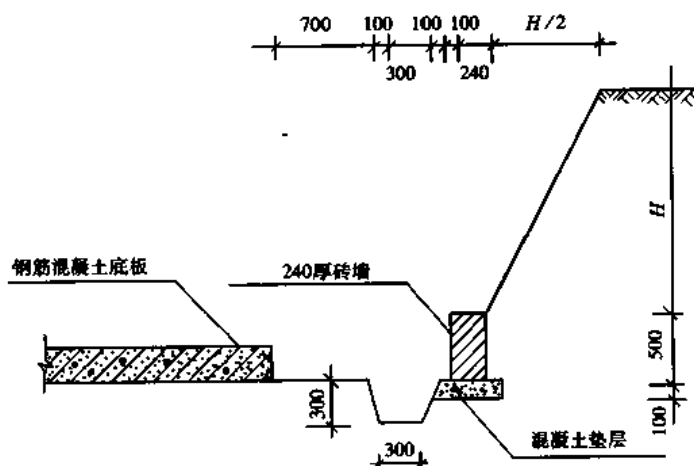


图 4-5 基坑明沟排水剖面图

剖面图。

在基坑降水及基坑开挖过程中,为防止邻近建筑物引起下沉或墙面出现裂缝的可能,需在局部邻近房屋旁边打钢板保护桩。基坑四周,严禁堆放材料和设备,防止塌方。

(三)提高施工设备使用率和降低停歇率的比较

无论是单层或多层房屋,其安装方案都需进行方案的技术经济比较,每个方案编制在正常条件下每天的作业进度计划,列出选用的机械与设备的类型和数量,它们之间的搭配关系和进度穿插的顺序、安装对象(构件)的型号等(图4-6),从而详细地排出以分钟计的进度计划。同时根据每台机械或设备的空歇,可以列出该机械(或设备)的停歇时间并计算出停歇率。在使用机械和设备的类型以及数量相同的条件下,主要机械停歇时间最少的方案为最优方案。

安装工程的经济比较主要在于经济上使安装费最低,也就是对安装工作日进度计划中各方案的机械停歇率的比较。

(四)缩短施工工期的经济分析

各施工方案的比较中必然会涉及工期因素,根据缩短施工工期的经济效果进行综合比较,来选择方案。

缩短施工工期的经济效果 G ,有以下三个方面:

- (1)由于工程项目提前交付使用所得的收益 G_1 ;
- (2)加速资金周转的经济效益 G_2 ;
- (3)节约施工企业间接费的经济效益 G_3 。

故由于缩短施工工期的总经济效益 G 是上述三方面效益之和。即

$$G = G_1 + G_2 + G_3 \quad (4-2)$$

以下分别对 G_1 、 G_2 、 G_3 进行分析:

1. 计算工程项目提前交付使用的经济效益

工程项目提前交付使用的经济效益,按下式计算:

$$G_1 = B(T_1 - T_2) \quad (4-3)$$

式中 B ——工程项目提前使用时期内的平均收益;

T_1 ——计划规定的施工工期;

T_2 ——实际的施工工期。

例题 4-4 某容量为 20 万千瓦的火电站工程,由于改进了施工组织方案,能提前半年投入生产。该火电站按设计能力每年发电时间为 6 000 小时,每度电的出厂价格为 0.12 元,计划成本为 0.03 元,试计算提前投产的经济效益。

解

(1)计算每度电的利润

$$\text{利润} = \text{出厂价格} - \text{计划成本} = 0.12 \text{ 元/度} - 0.03 \text{ 元/度} = 0.09 \text{ 元/度}$$

(2)计算火电站提前投产的年平均收益

$$\text{年平均收益 } B = \text{年生产能力} \times \text{单位产品利润} = 20 \times 6\,000 \times 0.09 = 10\,800 \text{ 万元}$$

(3)计算提前半年投产的经济效益(G_1)

$$G_1 = B(T_1 - T_2) = 10\,800(1 - 0.5) = 5\,400 \text{ 万元}$$

某钢结构安装工程工作日(9小时制)进度计划和机械使用率

机械名称	工作内容	工作进度									总计	占总工时 (分)百分率(%)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9												
汽车吊(甲)	拼装就位	20	40	80	100	140	160	200	220	260	280	320	340	380	400	440	460	500	520	540	404	75
	装车	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	84
	卸车	21	20	15	20	15	20	15	15	30	21	8	27	35	30	30	30	30	30	30	182	84
塔吊	装车	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
	运行	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	40	150	67
	卸车	15	15	34	15	20	15	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	74	404	75
汽车吊(乙)	安装	20	20	50	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	404	344	64
	装卸	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	245	180	45
载重卡车	装卸	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180	40	95
	运行	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	214	80	75
汽车吊(丙)	构件就位	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180	404	75
	支撑就位	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180	404	75
汽车吊(丙)	系杆就位	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180	404	75
	其他小件就位	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180	404	75
机械工作 总时间	汽车吊(甲)	20	40	80	100	140	160	200	220	260	280	320	340	380	400	440	460	500	520	540	404	75
	汽车吊(乙)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
机械 停歇时间	塔吊	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
	汽车吊(甲)	20	40	80	100	140	160	200	220	260	280	320	340	380	400	440	460	500	520	540	404	75
机械 停歇时间	汽车吊(乙)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
	汽车吊(丙)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
机械 停歇时间	载重卡车(甲)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
	载重卡车(乙)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
机械 停歇时间	汽车吊(甲)	20	40	80	100	140	160	200	220	260	280	320	340	380	400	440	460	500	520	540	404	75
	汽车吊(乙)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
机械 停歇时间	汽车吊(丙)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
	载重卡车(甲)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
机械 停歇时间	载重卡车(乙)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	120	
	总计	20	40	80	100	140	160	200	220	260	280	320	340	380	400	440	460	500	520	540	404	75

图 4-6 安装工程工作日进度计划中机械使用率和停歇率比较

计算结果,说明火电站提前半年投产,所得收益为5400万元。

2. 计算工程项目加速资金周转的经济效益

当单位工程的施工工期缩短时,可节约施工中占有的固定生产基金投资,减少流动资金的未完成工程费用。则该项目投资的国民经济效果可按下式确定:

$$G_2 = E_H(K_1 T_1 - K_2 T_2) \quad (4-4)$$

式中 K_1 ——计划的基建投资;

K_2 ——改进施工工艺后,需要的基建投资;

T_1, T_2 ——意义同前;

E_H ——该部门投资的定额效果系数。

例题 4-5 某工程项目原计划基建投资2500万元,建设工期为3年。后因改进了施工工艺方案,需要投资3000万元,建设工期可缩短1年。试求缩短工期1年带来的经济效益(该部门投资的定额效果系数为 $E_H=0.2$)。

解

$$G_2 = 0.2(2500 \times 3 - 3000 \times 2) = 300 \text{ 万元}$$

计算说明缩短1年施工工期,使该项目投资能获得300万元经济效益。

3. 计算缩短工期节省的施工企业间接费的经济效益

由于缩短工程项目施工周期,而使施工企业因此节省间接费的经济效益,可按下列式计算:

$$G_3 = H_y \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (4-5)$$

式中 H_y ——基准方案与工期有关的间接费固定部分,即

$$H_y = \frac{C \times H \times R}{(1+y)(1+H)} \quad (4-6)$$

式中 C ——工程预算造价;

H ——工程间接费率;

R ——与工期有关的间接费的固定部分比率;

y ——计划利润(%)。

例题 4-6 某工程采用两种不同的施工方案:

第一方案,工期为7个月;第二方案工期为6个月。工期预算造价为330万元,计划利润(y)为7%,间接费率(H)为18%,间接费中与缩短工期有关的固定部分(R)占50%。试计算该工程由于缩短施工工期的效益。

解

(1) 计算该工程间接费的固定部分(H_y)

$$H_y = \frac{C \times H \times R}{(1+y)(1+H)}$$

$$H_y = \frac{330 \times 0.18 \times 0.50}{(1+0.07)(1+0.18)} = \frac{29.7}{2} = 14.85 \text{ 万元}$$

(2) 计算该工程缩短工期后,间接费的节约效果

$$G_3 = H_y \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = 14.85 \times \left(1 - \frac{6}{7}\right) = 14.85(1 - 0.86) =$$

$$14.85 \times 0.14 = 2.079 \text{ 万元}$$

计算说明,该工程缩短工期 14%,节约施工间接费的经济效益为 2.079 万元。

第四节 单位工程施工进度计划

单位工程进度计划是在已确定的施工方案及合理施工顺序基础上编制的,它要符合实际的施工条件,在规定工期内,有节奏、有计划、保质保量地,以及以最少的劳动力、机械和其它资源的耗用来完成工程任务。

单位工程进度计划的主要作用是控制单位工程的施工进度,是其它职能部门工作的依据。例如材料供应和运输、预制构件及施工机械的进场时间、劳动力的调配等均按照进度计划来控制日期。因此,它是工程进展的龙头和指挥棒。

一个切合实际、正确反映施工客观规律、合理安排各分部分项工程施工顺序的进度计划是组织施工的核心。因此,在编制进度计划时必须遵照和贯彻组织施工的各项基本原则。编制人员要积累过去工程的经验并且富有预见性和创造性,还要吸收基层施工队的意见,才能编制出好的施工计划。

但是,工程施工是一个十分复杂的过程,受到许多客观因素和限制条件的影响和约束,如气候、材料供应、设备周转以及种种难以预测的情况。因此,即使有了最周密的进度计划,还必须在组织施工中善于使主观的计划随时适应于客观情况和条件的变化。故一方面在编制进度计划时要注意留有充分的余地,不致当施工过程中稍有变化,就陷于被动的处境,另一方面在实施过程中要不断修改和调整进度计划。这种计划的改变和调整是正常的,目的是使进度计划永远处于最佳状态。

一、编制进度计划的依据

编制单位工程进度计划的依据是:

1. 工程施工图和建筑总图——上述图纸已会审过并要求编制人员全部掌握和熟悉建筑结构的特征。
2. 规定本单位工程开竣工日期——如果本单位工程是施工组织总设计中的一个组成部分,则还要了解在施工组织总设计中对本工程的要求和限制条件。
3. 施工预算——从施工预算中可摘录各分部分项工程量数据,但有些项目可加以合并或重新组合,有些工程量应按各施工层、施工段来划分。
4. 预算定额——包括劳动定额、综合预算定额、单位估价表等。
5. 主要的分部工程施工方案——包括主要施工机械和设备的选择以及它们的装拆时间和要求。
6. 施工单位配备在本单位工程的总劳动力、各专业工种人数及各机械设备数量。
7. 了解各分包及协作单位对本工程施工进度的意见和工序搭接的要求。

二、拟定工程项目

拟定工程项目是编制进度计划的首要工作。根据工程特点各有区别,按施工图和工程施工顺序逐项列出。单位工程施工进度计划是按各分部分项工程来列项目。例如基础工程

属分部工程,它的分项工程有:基础土方开挖、夯打、垫层、钢筋混凝土基础、砖基础、防潮层、回填土等,按施工图列出。

土方开挖中包括的工序有:原土夯实、排除地下水、基槽支撑、运土等,这些工序不必列出,合并土方工程中。

钢筋混凝土基础分部工程包括:支模、扎筋、浇筑混凝土等施工过程,应分别列出,防潮层不必单列。因此,基础工程约5~8个项目。

再例如现场预制构件,分别列出支模、扎筋、浇筑混凝土、养护、拆模等施工过程;门窗油漆则不必细分,而合并成一个项目。

单位工程进度计划的项目仅是包括现场直接在建筑物上施工的分部分项工程,不包括运输、门窗制作等项目。但是对现场就地预制的钢筋混凝土构件制作应包括在内。对于采用随运随吊的安装工程,其进度计划中应列出各类构件运输到场的进度计划。

各施工层和施工段的进度不必单列项目,只要在水平进度线上加以区分和注出各层、各段的日程。

对于零星的、次要的分项工程可以合并入“其它工程”,适当估算劳动力。施工准备工作在单位工程进度中不必细分。但在工程开工前,基层施工队应拟出施工准备工作的计划,以利实施。

水、暖、电、卫和设备安装等专业工程不必细分具体内容,由各专业队自行编制计划,在单位工程进度中只要表明它们与土建工程各有关部分的配合关系。

三、计算工程量

工程量计算是一项十分繁琐的工作,而且往往是重复劳动,如工程概算、施工图预算、投标报价、施工预算等文件中均需计算工程量,故在单位工程进度中不必再重复计算,只需根据预算中的工程量总数,按各施工层和施工段施工图中的比例加以划分即可,因为进度计划中的工程量仅是用来计算劳动量及资源需用量等的需要,不作计算工资或工程结算的依据,故不必精确计算。计算工程量应注意以下几点:

1. 各分部分项计算工程量的单位应与所选用的定额中相应项目的单位一致。
2. 工程量计算应与相应分部分项工程的施工方法和施工规范一致。例如基础土方量的计算,应考虑地质、挖土方法、选用的机械类别。根据施工规范来设计放坡比例或使用支撑加固。
3. 根据各施工方案中分层与施工段的划分,计算分层分段的工程量,以便组织流水作业。
4. 编制进度计划所需的工程量应与施工图预算、施工预算的工程量一致或借用以上的计算结果,按施工图所示的比例计算各分层分段工程量或作部分补充,以免重复劳动。

四、计算劳动量和施工机械台班数

根据各工程项目的工程量、施工方法、所采用的定额及施工单位以往的经验,计算各分部分项工程的所需劳动量及施工机械台班数,按下式计算:

$$\text{完成某分项工程的劳动量} = \frac{\text{某分项工程的工程量}}{\text{某分项工程的产量定额}}$$

或

$$\text{完成某分项工程的劳动量} = \text{某分项工程的工程量} \times \text{时间定额} \quad (4-7)$$

$$\text{需要机械的台班量} = \frac{\text{工程量}}{\text{机械产量定额}}$$

或

$$\text{需要机械的台班量} = \text{工程量} \times \text{机械时间定额} \quad (4-8)$$

式中 产量定额——指某一定额所规定等级的工人,在单位时间内所完成合格产品的数量
(单位有 $\text{m}^2/\text{工日}$ 、 $\text{m}^3/\text{工日}$ 、 $\text{t}/\text{工日}$ 等);

时间定额——指某一定额所规定的等级工人,为完成单位合格产品所需的时间 (单位: $\text{工日}/\text{m}^2$ 、 $\text{工日}/\text{m}^3$ 、 $\text{工日}/\text{t}$ 等);

产量定额是时间定额的倒数。即

$$\text{产量定额} = \frac{1}{\text{时间定额}} \quad (4-9)$$

如果某分项工程是由若干个分项工程合并而成的,则应分别根据各分项工程的产量定额及工程量,计算出合并后的综合产量定额。计算公式如下:

$$S = \frac{\sum Q_i}{\frac{Q_1}{S_1} + \frac{Q_2}{S_2} + \dots + \frac{Q_n}{S_n}} \quad (4-10)$$

式中 S ——综合产量定额;

Q_1, Q_2, \dots, Q_n ——各个参加合并项目工程量;

$$\sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_m;$$

S_1, S_2, \dots, S_n ——各个参加合并项目的产量定额。

例如门窗油漆一项由木门油漆及钢窗油漆两项合并而成,计算综合定额的方法如下:

$$Q_1 = \text{木门面积 } 220 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = \text{钢窗面积 } 320 \text{ m}^2$$

$$S_1 = \text{木门油漆的产量定额 } 8.22 \text{ m}^2/\text{工日}$$

$$S_2 = \text{钢窗油漆的产量定额 } 11.0 \text{ m}^2/\text{工日}$$

综合产量定额为

$$S = \frac{220 + 320}{\frac{220}{8.22} + \frac{320}{11.0}} = 9.67 (\text{m}^2/\text{工日})$$

如果所拟订的施工方法是新技术或特殊的方法,目前尚未列入定额手册的,可参考类似项目的定额来估算。

五、确定各工程项目的工作日

已计算出本单位工程各分部分项的劳动量和所需机械台班后,就可确定完成各分部工程的工作日。这是根据该分部工程安排专业工人班组的工人数或计划配备的机械数量,按下式计算:

$$\text{完成分部分项工程的工作日} = \frac{\text{分部分项工程的总劳动量(工日)}}{\text{分部分项工程每天安排的工人数} \times \text{每天工作班}}$$

尽先安排。

各个分项工程分层分段的进度日程,在进度表右边的进度线条上分别表示。

在进度计划中要求各分部工程或各施工阶段要尽可能搭接,以缩短工程总工期。

各分部工程的施工进度编排后,就可从进度表中看出,并非是所有的分部分项工程的工期都对单位工程总工期有影响,而只有某些分部分项工程的施工时间控制整个单位工程总工期。因此对于与总工期不起控制作用的那些分项工程的工作日,尚可以根据劳动力的平衡加以适当调整。但是在水平进度计划中特别要注意的是,每一分部分项工作进度的调整都会涉及和影响其它分部分项而受到牵制,必须要逐个检查各施工过程在工艺搭接上的合理性。

当编好进度计划的初步方案以后,从以下几个方面对进度计划作一次检查:

1. 各分部分项工程的工作时间和施工顺序是否合理和是否符合工艺要求;相邻施工过程间是否留有必需的技术间歇。

2. 单位工程总工期是否满足规定工期。

3. 总劳动力、各专业工人、主要材料及施工机械等资源需用量是否均衡,施工单位的实际劳动力、设备等能否满足最高的需用量。

4. 主要施工机械是否充分利用。

通过检查,对不符合要求之处进行调整和修改,特别是工艺上的合理性、资源需用量的高峰以及本施工单位的实际条件所不能满足的需要量,其次是资源的均衡性。

调整的方法,一种是调整各施工过程的时间,即延长或缩短施工进度线;另外是调整各施工过程开始和结束时间,即施工进度线的向右或向左挪动。

前面已指出过,各施工过程的进度日程不是孤立的,而是相互有密切联系和制约。只要调动一个施工过程的时间,将会涉及其它,甚至全局,因此必须特别注意。

如果应用网络计划进行,在规定工期内达到资源有限和资源最优等优化运算,能迅速而准确地得到满足各施工过程间正确逻辑关系的进度。应用电子计算机同样能输出符合施工单位要求的水平进度计划及各种资源需要量计划,这就是网络计划的优点。

七、编制劳动力、材料、成品、半成品、机械等需用量计划

根据单位工程进度计划及其各分部分项工程的劳动力、材料、机械等资源需用量,可以计算出每天的资源需用量计划。根据各种材料、成品、半成品在工地的储存量或储存天数,可制定各种资源的供应计划、劳动力计划及机械设备进场时间。

表4-6、表4-7、表4-8、表4-9所示是单位工程的劳动力、主要材料、预制构件及施工机械需用量计划的表格形式。

表4-6 劳动力需要量计划

序号	工种名称	人数	月 份											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	

表 4-7 主要建筑材料需要量计划

序号	建筑材料名称	单位	数量	规格	月 份											
					1	2	3	4	5	6	7	8	...			

表 4-8 预制构件需用量计划

序号	构件名称	规格	型号	单位	数量	安装部位	运到现场日期	制作单位

表 4-9 施工机械需用量计划

序号	机械名称	型号	数量	现场使用 起止时间	机械进场或 安装时间	机械退场或 拆卸时间	供应单位

第五节 单位工程施工平面图

单位工程施工平面图是在施工现场布置仓库、施工机械、临时建筑、道路等设施的依据,是施工准备工作的主要内容,是实现文明施工的基本条件。施工平面图非但要设计时周密考虑,并且还要认真贯彻执行。

一般单位工程施工平面图采用的比例是 1:200 至 1:500。

一、施工平面图设计依据和内容

(一)单位工程施工平面图设计的依据

1. 建筑总平面图,包括等高线的地形图、建筑场地的原有地下沟管位置、地下水位、可供使用的排水沟管。
2. 建设地点的交通运输道路,河流,水源,电源,建材运输方式,当地生活设施,弃土、取土地点及现场可供施工的用地。
3. 各种建筑材料、预制构件、半成品、建筑机械的现场存储量及进场时间。
4. 单位工程施工进度计划及主要施工过程的施工方法。
5. 建设单位可提供的房屋及生活设施,包括临时建筑物、仓库、水电设施、食堂、宿舍、锅炉房、浴室等。
6. 一切已建及拟建的房屋和地下管道,以便考虑在施工中利用或影响施工的则提前拆

除。

7. 建筑区域的竖向设计和土方调配图。

8. 如该单位工程属于建筑群中的一个工程,则尚需全工地性施工总平面图。

(二)单位工程施工平面图布置的内容

1. 已建及拟建的永久性房屋、构筑物及地下管道。

2. 材料仓库、堆场,预制构件堆场、现场预制构件制作场地布置,钢筋加工棚、木工房、工具房、混凝土搅拌站、砂浆搅拌站、化灰池、沥青灶,生活及行政办公用房。

3. 临时道路、可利用的永久性或原有道路,临时水电气管网布置、水源、电源、变电站位置、加压泵房、消防设施、临时排水沟管及排水方向,围墙、传达室、现场出入口等。

4. 移动式起重机开行路线及轨道铺设、固定垂直运输工具或井架位置、起重机回转半径及相应幅度的起重量。

5. 测量轴线及定位线标志、永久性水准点位置。

二、设计的基本原则

1. 在满足现场施工条件下,布置紧凑,便于管理,尽可能减少施工用地。

2. 在满足施工顺利进行的条件下,尽可能减少临时设施,减少施工用的管线,尽可能利用施工现场附近的原有建筑物作为施工临时用房,并利用永久性道路供施工使用。

3. 最大限度地减少场内运输,减少场内材料、构件的二次搬运;各种材料按计划分期分批进场,充分利用场地;各种材料堆放的位置,根据使用时间的要求,尽量靠近使用地点,节约搬运劳动力和减少材料多次转运中的损耗。

4. 临时设施的布置,应便于施工管理及工人生产和生活。办公用房应靠近施工现场,福利设施应在生活区范围之内。

5. 施工平面布置要符合劳动保护、保安、防火的要求。

施工现场的一切设施都要有利于生产,保证安全施工。要求场内道路畅通,机械设备的钢丝绳、电缆、缆风等不得妨碍交通,如必须横过道路时,应采取措施。有碍工人健康的设施(如熬沥青、化石灰等)及易燃的设施(如木工棚、易燃物品仓库)应布置在下风向,离开生活区远一些。工地内应布置消防设备,出入口设门卫。山区建设中还要考虑防洪泄洪等特殊要求。

根据以上基本原则并结合现场实际情况,施工平面图可布置几个方案,选其技术上最合理、费用上最经济的方案。可以从如下几个方面进行定量的比较:施工用地面积;施工用临时道路、管线长度;场内材料搬运量;临时用房面积等。

三、设计施工平面图的步骤

首先详细研究施工图、施工进度计划、施工方法以及原始资料。设计步骤是:

1. 布置起重机位置及开行路线

起重机的位置影响仓库、材料堆场、砂浆搅拌站、混凝土搅拌站等的位置及场内道路和水电网的布置,因此要首先布置。

布置起重机的位置要根据现场建筑物四周的施工场地的条件及吊装工艺。如在起重机、挖土机的起重臂操作范围内,使起重机的起重幅度能将材料和构件运至任何施工地点,

避免出现“死角”。在高空有高压电线通过时,高压线必须高出起重机,并留有安全距离。如果不符合上述条件,则高压线应搬迁。在搬迁高压线有困难时,则要采取安全措施,如搭设隔离防护竹、木排架。当塔式起重机轨道基在排水坡下边时,应在其上游设置挡水堤或截水沟将水排走,以免雨水冲坏轨道及路基。

布置固定垂直运输设备时,要考虑到材料运输的方便,使运距最短,同时也要使高空水平运距最短。井架位置布置在高低分界线处及窗口处为宜,使运输方便。

2. 布置材料、预制构件仓库和搅拌站的位置

(1)在起重机布置位置确定后,布置材料、预制构件堆场及搅拌站位置。材料堆放尽量靠近使用地点,减少或避免二次搬运,并考虑到运输及卸料方便。基础施工用的材料可堆放在基础四周,但不宜离基坑(槽)边缘太近,以防压塌土壁。

(2)如用固定式垂直运输设备,则材料、构件堆场应尽量靠近垂直运输设备,以减少二次搬运。采用塔式起重机为垂直运输时,材料和构件堆场、砂浆搅拌站、混凝土搅拌站出料口等应布置在塔式起重机有效起吊范围内。

(3)预制构件的堆放位置要考虑到吊装顺序。先吊的放在上面,后吊的放在下面,吊装构件进场时间应密切与吊装进度配合,力求直接卸到就位位置,避免二次搬运。

(4)砂浆、混凝土搅拌站的位置尽量靠近使用地点或靠近垂直运输设备。有时浇筑大型混凝土基础时,为减少混凝土运输量,可将混凝土搅拌站直接设在基础边缘,待基础混凝土浇好后再转移。因砂、石及水泥的用量较大,砂、石堆场及水泥仓库应紧靠搅拌站布置,搅拌站的位置也应考虑到使这些大宗材料的运输和卸料方便。

3. 布置运输道路

尽可能将拟建的永久性道路提前建成后为施工使用,或先造好永久性道路的路基,在交工前再铺路面。现场的道路最好是环形布置,以保证运输工具回转、调头方便。

单位工程施工平面图的道路布置,应与全工地性施工总平面图的道路相配合。

4. 布置行政管理及生活用临时房屋

工地出入口要设门岗,办公室布置要靠近现场,工人生活用房尽可能利用建设单位永久性设施。若系新建企业,则生活区应与现场分隔开。一般新建企业的行政管理及生活用临时房屋由全工地施工总平面来考虑。

5. 布置水电管网

(1)施工临时用水、用电的计算见第五章。根据实践经验,一般面积在 $5\,000\sim 10\,000\text{ m}^2$ 的单位工程施工用水的总管用直径 101.6 mm 管,支管用直径 38.1 mm 或直径 25.4 mm 管。 101.6 mm 管可供给一个消防龙头的水量。

(2)施工现场应设消防水池、水桶、灭火机等消防设施。单位工程施工中的防火,一般利用建设单位永久性消防设备。若系新建企业则根据全工地性施工总平面图来考虑。

(3)当水压不够则可加设高压泵或设蓄水池解决。

(4)单位工程施工用电应在全工地性施工总平面图中一并规划,若属于扩建的单位工程,一般计算出在施工期间的用电总数,提供建设单位解决,往往不另设变压器。只有独立的单位工程施工时,计算出现场用电量后,才选用变压器。工地变电站的位置应布置在现场边缘高压线接入处,四周用铁丝网围住,变电站不宜布置在交通要道口。

(5)工地排水沟管最好与永久性排水系统结合,特别注意暴雨季节其它地区的地面水涌

入现场的可能。有这种可能的情况下,在工地四周要设置排水沟。

此外,对比较复杂的单位工程施工平面图,应按不同施工阶段分别布置施工平面图。在整个施工期间,施工平面图中的管线、道路及临时建筑不要轻易变动。对于重型工业厂房,施工平面图中还要考虑设备安装的用地和临时设施。土建与设备工程的施工用地要划分适当。

第五章 施工组织总设计

第一节 施工组织总设计的内容和编制依据

施工组织总设计在工程的初步设计阶段,由建设总承包单位或建设主管部门领导下的工程建设指挥部负责编制。

施工组织总设计的编制程序如图 5-1 所示。

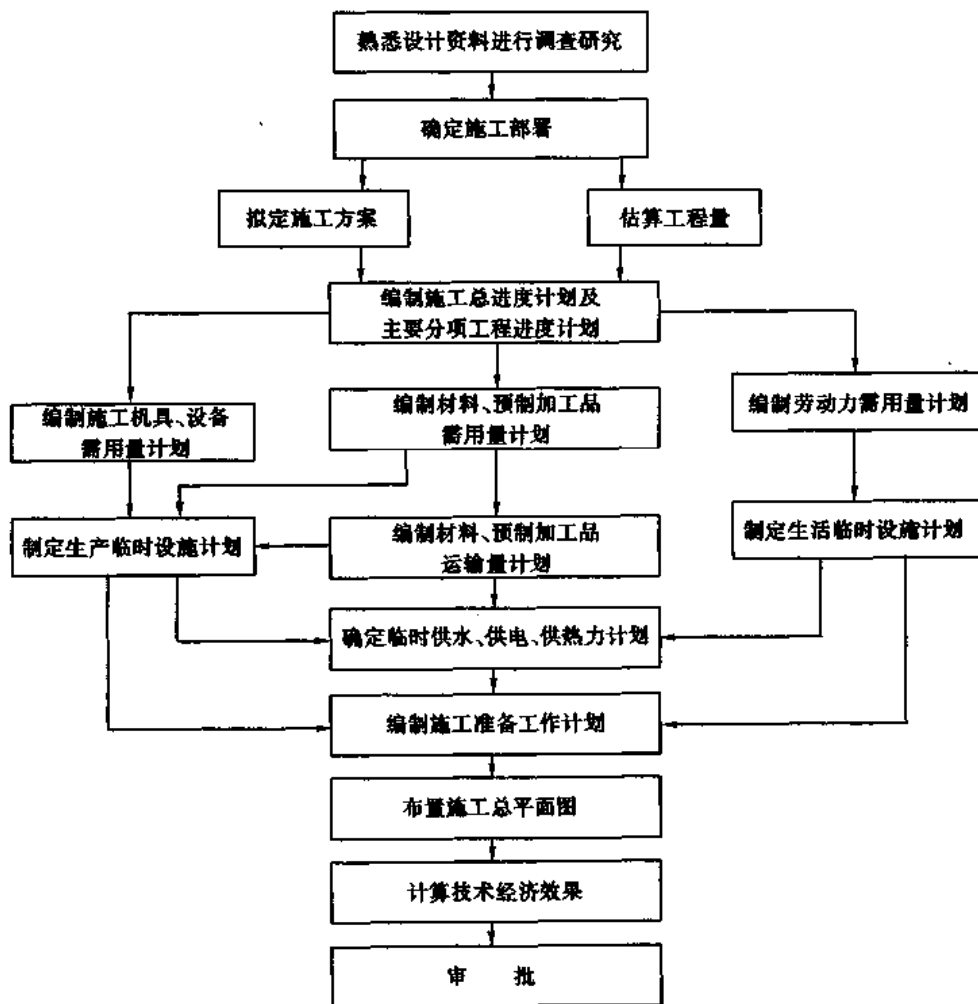


图 5-1 施工组织总设计编制程序

一、施工组织总设计的内容

施工组织总设计(也称施工总体规划),是以若干个相互联系的单位工程或整个建设项目为对象编制的,用以指导全工地的施工准备和组织施工的技术、经济和组织综合性文件。其主要作用是作为为施工生产建立施工条件、集结施工力量、组织物资资源的供应以及进行现场生产与生活临时设施规划的依据,也作为施工企业编制年度施工计划和单位工程施工组织设计的依据。它也是实现建筑企业科学管理、保证最优完成施工任务的有效措施。施工组织总设计的内容主要由以下五方面组成:工程概况、施工部署和主要建筑物的施工方案、施工总进度计划、施工总平面图及技术经济指标。现分述如下:

(一)建设工程概况

在工程概况中应说明本建设工程的名称、性质、规模、总期限,分期分批投入使用的项目、期限;总占地面积、建筑面积、主要工种工程量、设备安装及其吨数;总投资、建筑安装工作量(包括工厂区和生活区);生产工艺流程;建筑结构类型、特征及复杂程度。以上内容一般可参照表5-1~表5-3填写。另外,还应说明建设地区的地形、地质、水文、气象情况;施工力量及条件,即能为本工程服务的施工单位、人力、机具、设备情况;材料的来源及供应情况,建筑构件及其它加工件的生产能力;交通情况及当地能提供给本工程施工用的水、电、建筑物等情况;以及上级对本建设工程的指示等。概括起来,就是对工程情况进行总的说明。

表 5-1 建筑安装工程项目一览表

序号	工程名称	建筑面积 /m ²	建安工作量/万元		吊装和安装工程量 /(t或件)		建筑结构
			土建	安装	吊装	安装	

注:“建筑结构”栏填混合结构、砖木结构、钢结构、钢筋混凝土结构及层数。

表 5-2 主要建筑物和构筑物一览表

序号	工程名称	建筑结构特征或示意图	建筑面积 /m ²	占地面积 /m ²	建筑体积 /m ³	备注

注:“建筑结构特征”栏说明其基础、柱、墙、屋盖的结构构造,如附示意图,应注以主要尺寸。

表 5-3 生产车间、管(网)线、生活福利设施一览表

序号	工程名称	单位	合计	生产车间			仓库及运输				管 网				生活福利		大型暂 设设施		备 注
				× × 车间	⋮	⋮	仓 库	铁 路	公 路	⋮	供 电	供 水	排 水	供 热	宿 舍	文 化 福 利	生 产	生 活	

注：“生产车间”栏按主要生产车间、辅助生产车间、动力车间次序填列。

(二) 施工部署及主要建筑物的施工方案

施工部署是用文字来阐述基建施工对整个建设的设想,因此是带有全局性的战略意图,而施工方案则是针对某一重点工程而言的,是一具体的战术。施工部署和施工方案分别为施工组织总设计和单个建筑物施工组织设计的核心。施工部署和施工方案的正确与否,是直接影响建设项目的进度、质量和成本三大目标能否顺利实现的关键。往往由于施工部署、施工方案考虑不周而拖延进度,影响质量,增加成本。在施工部署中,要阐述国家和上级对本建设工程的要求,以及建设项目的性质,并确定好各建筑物总的开工程序。如建设工程是大型工业企业,根据情况复杂程度,还需编制最低投产项目(即建设单位在一次投资期限中为了要达到国家或上级要求的生产指标,必须保证完成的最低工程项目),以便更好地集中力量,打歼灭战。另外要规划好有关全工地性的为施工服务的建设项目,如水、电、道路及临时房屋的建设,预制构件厂和其它工厂的数量及其规模,生活供应上需要采取的重大措施,确定是否需要设置中心仓库及其规模大小等。

对重点工程的施工方案,只需原则性地提出方案性问题(详细的施工方案和措施则到编制单位工程施工组织设计时再拟),如哪些构件采用现浇,哪些构件采用预制;是现场就地预制还是由预制厂生产;构件的吊装采用什么机械;准备采用什么新工艺、新技术等。也就是对牵涉到全局性的一些问题,作出较原则性的考虑。

施工组织总设计中的施工总进度计划、施工总平面图以及各种供应计划等都是按照施工部署的设想,通过一定的计算,用图表的方式表达出来的。也就是说,施工总进度计划是施工部署在时间上的体现,而施工总平面图则是施工部署在空间方面的体现。

(三) 施工总进度计划

施工总进度计划是根据施工部署中所决定的各建筑物的开工顺序及施工方案,施工的力量(包括人力、物力),通过计算或参照类似建筑物的工期,定出各主要建筑物的施工期限和各建筑物之间的搭接时间,用进度表的方式表达出来的用以控制施工时间进度的指导文件。同时由此可得出下列需要量计划表:

1. 劳动力需要量计划表;
2. 主要材料、成品及半成品需要量计划表;
3. 主要施工机具需要量计划表;
4. 大型临时设施需要量计划表。

(四) 施工总平面图

施工总平面图就是把建设区域内原有的和拟建的地上或地下的建筑物、构筑物、道路、管道及施工时的材料仓库、运输线路、附属生产企业、给水、排水、供电及临时建筑物等绘制在一张图上。

施工总平面图是一个具体指导现场施工的空间部署方案,对于指导现场进行有组织、有计划的文明施工,具有重大意义。经验证明,如果施工现场没有施工总平面图或施工总平面图设计不正确或贯彻不善,则必然造成施工现场混乱,这不仅会给施工管理带来许多困难,严重地影响施工速度,而且也必然会使建筑成本提高。

施工总平面图应表明的内容详见第三节。

(五) 技术经济指标

一般需要反映的指标有:

1. 施工周期

从主要项目开工到全部项目投产使用,共多少个月。

2. 全员劳动生产率

$$\text{建安企业全员劳动生产率(元/人·年)} = \frac{\text{每年自行完成的建安工作量}}{\text{全部在册职工人数} - \text{非生产人员平均数} + \text{合同工和临时工人数}} \quad (5-1)$$

3. 非生产人员比例

即管理、服务人员数与全部职工人员数之比。

4. 劳动力不均衡系数

$$\text{劳动力不均衡系数} = \frac{\text{施工期高峰人数}}{\text{施工期平均人数}} \quad (5-2)$$

5. 单位面积用工数(工日/m² 竣工面积)

6. 临时工程费用比

$$\text{临时工程费用比} = \frac{\text{全部临时工程费}}{\text{建安工程总值}} \quad (5-3)$$

7. 综合机械化程度

$$\text{综合机械化程度} = \frac{\text{机械化施工完成的工作量}}{\text{建安工程总工作量}} \times 100\% \quad (5-4)$$

8. 单位体积、单位面积造价

9. 工厂化程度(房建部分)

$$\text{工厂化程度} = \frac{\text{加工预制厂完成的工作量}}{\text{建安工程总工作量}} \times 100\% \quad (5-5)$$

10. 装配化程度

$$\text{装配化程度} = \frac{\text{用于装配化施工的房屋面积}}{\text{施工的全部房屋面积}} \times 100\% \quad (5-6)$$

11. 流水施工不均衡系数

$$\text{工人流动时间不均衡系数} = \frac{\text{流水施工固定期时间}}{\text{总工期时间}} \quad (5-7)$$

$$\text{工人流动数量不均衡系数} = \frac{\text{参加流水施工的最高工人数}}{\text{参加流水施工的平均工人数}} \quad (5-8)$$

12. 施工场地利用系数

$$\text{施工场地利用系数 } K = \frac{\sum F_6 + \sum F_7 + \sum F_4 + \sum F_3}{F} \quad (5-9)$$

式中 $F = F_1 + F_2 + \sum F_3 + \sum F_4 - \sum F_5$

F_1 ——永久厂区围墙内的施工用地面积；

F_2 ——厂区外施工用地面积；

F_3 ——永久厂区围墙内施工区域外的零星用地面积；

F_4 ——施工区域外的铁路、公路占地面积；

F_5 ——施工区域内应扣除的非施工用地和建筑物面积；

F_6 ——施工场地有效面积；

F_7 ——施工区内利用永久性建筑物的占地面积。

技术经济指标主要用来衡量企业的生产能力、技术水平，找出与同行业的差距等。

二、施工组织总设计的编制依据

编制施工组织总设计一般需要依据下列资料：

1. 计划文件

根据国家批准的文件，如要求本工程交付使用的期限、单位工程一览表等。

2. 设计文件

初步设计或扩大初步设计。

3. 有关现行规范、规程(规定)、定额等

如概算指标、扩大结构定额、万元指标或各单位自己累积统计的类似建筑所需消耗的劳动力、材料以及工期等指标。

4. 建设地区的调查资料

施工中可能配备的人力、机具装备和施工准备工作中所取得的有关建设地区的自然条件及技术经济条件等资料，如有关地形、地质、水文、气象、资源供应、运输能力等。

第二节 施工部署

施工部署中需要考虑的问题，根据建设工程的性质和客观条件而有很大的不同，但对下列问题需要进行细致的研究。

一、施工任务的组织安排

首先要明确施工这个建设项目的机构、体制，建立施工现场统一的指挥系统及其职能部门，确定综合的和专业化的施工组织，划分施工阶段，划分各参与施工单位的任务，明确各单位分期分批的主次项目和穿插项目。

二、主体工程施工程序安排

对于大型的工业企业来说，根据产品的生产工艺流程，分为主体生产系统、辅助生产系

统及附属生产系统等。在安排主体工程的施工程序时,应考虑下列几点因素:

1. 保证各系统工程生产流程的合理性。
2. 尽量利用已开工生产车间的生产能力。
3. 各系统工程施工所需的合理工期。

4. 如企业分期建设时,为了发挥每套生产系统的设备或机组的能力,在施工程序上,必须考虑前、后期工程建设的阶段性,使每期工程能成套交付生产;又为了使施工均衡、投资节约、缩短建厂期限,必须考虑其建设的连续性,使前期工程能为后期工程的生产准备服务。

应该使每个系统工程投入生产后有一个试生产的时间,能为下一工序生产必要的原料储备量的时间;此外尚需考虑设备到货的时间。也就是说,安排施工程序时在时间上要留有余地。

三、辅助工程、附属工程的施工程序

一个大型工业企业,除了主体工程以外,必然还有一些为主体生产系统服务的辅助设施,以及利用生产主要产品的废料而设置的某些附属工程。如为整个企业服务的机修系统、电修系统、动力系统、运输系统等等。

对辅助工程、附属工程的施工程序安排,既要考虑生产时为全企业服务,又要考虑在基建施工时为施工服务的可能性,一般是把某些辅助工程安排在主体工程之间,即“辅—主—辅”。“辅”走在“主”之前既可为生产准备服务,又可为施工服务。而辅助工程本身,也应配套成龙,使其发挥应有的能力。对整个企业有关的动力设施,如水、电、蒸气、压缩空气、煤气和氧气等,应根据轻重缓急,相应配合。一般先施工厂外的中心设施及干线。

供水系统的安排问题。一个大型企业除施工及生产用水外,还需解决全企业的生活用水。因此,它和其它动力设施一样,是为全厂性服务的十分重要的附属系统。对于冶金、化工、电厂等企业,在生产过程中供水更是分秒不许间歇。供水系统的施工程序应该是“先站后线,先厂外水泵站,后厂内水泵站”。同时往往一个大型企业与电厂采用联合供水,而电厂的投产又必须走在主体工程之前。因此,在建设程序中,厂外供水设施的投产时间应以电厂为标准,最好是在电厂建设投产前一至二个季度为宜,以便进行试验和调整。

此外,还有一个十分重要的系统,即交通运输设施系统。实践证明,建设现代化的大型工业企业,如果只注意主体工程系统的投产顺序,而忽略运输设施的建设顺序安排,将会造成生产上的减产,严重的甚至于停产。对于铁路运输线的安排,首先是厂外的专用线及与国家铁路的连接,同时不放松各工程系统的车站建设。至于车间通向各工程系统的内部线路则应与工程系统投产要求相适应。

四、规划建设程序的要求与步骤

(一)要求

综上所述,编制或规划一个大型工业企业的建设顺序的目的,主要是保证企业内各生产系统在满足国家生产产品计划的要求下,充分发挥基本建设投资效果和达到均衡施工。

要达到上述目的,必须研究企业内各生产系统在产品上的内在规律,保证建设的项目、投产的产量和期限,在建设过程中按生产工艺要求,有步骤按比例地开展。对大型企业,分期分批投产不但能尽早发挥投资效益,而且能使企业在建设过程中,维持良好的固定资金动

用额和良好的生产性动用系数。这样才能集中投资,缩短战役,加快总的建设速度。

(二) 步骤

根据我国建设经验,一个大型工业企业建设顺序的规划,可按下列步骤进行:

1. 按照企业的对象、规模,正确地划分准备期和建厂期,以及建厂期的施工阶段。
2. 按企业对象的特点划分主体工程系统和辅助工程系统,并确定工程系统的数量,以每一个工程系统作为一个交工系统。一个交工系统,必须具有独立的完整的生产系统。
3. 参考国内外先进水平及有关工期定额(表 5-4),结合本单位的技术水平、技术装备等确定各交工系统的工期。特别注意第一个交工系统的重要性和复杂性。同时必须考虑投产后生产技术过关所需要的时间及其为一个加工系统生产一定储备量所需的时间。每一个交工系统还应该算出其投资额。

表 5-4 工业建设项目施工工期参考表

企业类别	序号	工厂名称	建设规模	施工工期/月
(一) 一般机械、车辆制造类		农机,中型机床,纺织机,拖拉机,汽车,客车,货车,轴承,空压机,泵,阀门,工具等制造厂(按生产车间面积)	5 000 m ²	8~10
			10 000 m ²	9~11
			15 000 m ²	10~12
			20 000 m ²	11~14
			25 000 m ²	12~15
			30 000 m ²	14~17
			40 000 m ²	15~18
			50 000 m ²	17~20
			65 000 m ²	18~21
			80 000 m ²	21~24
	100 000 m ²	24~25		
	125 000 m ²	27~33		
(二) 重型机械类		重型机床,机车,电机,汽轮机,锅炉,冶金,化工,炼油设备,工程,矿山机械等制造厂(按生产车间面积)	20 000 m ²	16~19
			40 000 m ²	18~20
			60 000 m ²	20~24
			90 000 m ²	23~26
			120 000 m ²	27~31
			150 000 m ²	30~35
	180 000 m ²	34~38		
(三) 电气器材类		无线电,电器,变压器,开关,电线,电缆,电瓷,电池,仪表等厂(按生产车间面积)	5 000 m ²	7~9
			10 000 m ²	8~10
			12 000 m ²	9~11
			20 000 m ²	10~13
			25 000 m ²	11~14
			30 000 m ²	13~16
			40 000 m ²	15~18
			50 000 m ²	16~19
			65 000 m ²	18~21
	80 000 m ²	20~24		
	100 000 m ²	23~27		

续表 5-4

企业类别	序号	工厂名称	建设规模	施工工期/月
(四) 建筑材料类	1	大型水泥厂 中型水泥厂 小型水泥厂 小型水泥厂	年产 50 万 t 以上 年产 10~50 万 t 年产小于 10 万 t(回转窑) 年产小于 10 万 t(立窑)	18~27 13~20 13~19 5~10
	2	玻璃厂	建筑面积 4.7 万 m ²	21~24
	3	陶瓷厂	年产饰面砖 80 万 m ² , 下水管卫生器材 25 万 t, 面积 3.8 万 m ²	20~25 11~13
	4	暖器设备厂	年产散热器 300 万个, 锅炉 27 万 m ² 年产散热器 150 万个, 锅炉 18 万 m ²	30~36 21~27
	5	钢筋混凝土制品厂	年产 4.5 万 m ³ 年产 1.5 万 m ³	15~19 8~10
(五) 冶金类	1	选矿系统	昼夜处理原矿 300 万 t	18~24
	2	选煤系统	年产 150 万 t	12~18
	3	烧结系统	四组: 第一期二组 第二期二组	11~14 6~9
	4	焦化系统	65.71 孔大型焦炉 简易, 红旗 2 号、3 号	10~16 0.5~1
	5	高炉系统	每座容量 2 500 m ³ 每座容量 1 513 m ³ 每座容量 963 m ³ 每座容量 255 m ³ 每座容量 28 m ³	12~16 7~10 6~9 4~6 1
	6	平炉系统	500 吨一组 250 吨二组	5~9 2~18
	7	制铝厂	2.2 万 t/年 1 000t/年	15~25 3~6
	8	轧钢系统	1 150 初轧 2 800 中厚板 半连续薄板 800 轧机 650 轧机 500/300 轧机 400/250 轧机	8~16 18~24 14~26 11~17 5~10 4~9 3~6
	9	耐火材料系统	生产高铝砖 3.5 万 t, 粘土砖 4.2 万 t, 砂砖 2.5 万 t, 石灰、白云灰 26 万 t	16~18

续表 5-4

企业类别	序号	工厂名称	建设规模	施工工期/月
(六) 化工类	1	化肥厂	年产 30 万 t 合成氨, 48 万 t 尿素	24~36
			年产合成氨氮肥 5 万 t	22~30
			年产合成氨氮肥 2.5 万 t	20~27
			年产合成氨氮肥 1 万 t	12~18
			年产合成氨氮肥 2 000 t	8~12
(六) 化工类	2	化纤厂	年产化纤 1 万 t	30~36
			年产化纤 0.5 万 t, 0.7 万 t	24~29
			年产化纤 0.2 万 t, 0.3 万 t	12~18
			年产 8 万 t	10~14
			年产 2 万 t	8~10
(六) 化工类	3	硫酸厂	年产 200~4 000 t	7~9
			年产 400 t	5~7
			年产 2.25 万 t	18~22
			年产 1.5 万 t	16~18
			年产 0.75 万 t	8~10
(六) 化工类	4	碱厂	年产 350 t	5~7
			年产 8 万 t	14~16
			处理原油 250 万 t	24~36
			10 万锭	18~24
			3.5 万锭	12~18
(七) 轻工食品类	2	冷库	1 万 t	18~24
			5 000 t	16~22
			3 000 t	14~20
(七) 轻工食品类	3	综合糖厂	1 500 t	12~18
			500 t	10~16
			日榨甘蔗 250 t, 500 t	10~14
(八) 电站类	1	火力发电厂	30 kW 机组	22~27
	2	火力发电厂	10~12.5 kW 机组	14~18
	3	火力发电厂	5 万 kW 机组	13~17
	4	火力发电厂	2.5 万 kW 机组	12~15
	5	火力发电厂	1.2 万 kW 机组	10~13
	6	火力发电厂	0.6 万 kW 机组	7~10

注:本表施工工期系指土建工程破土动工到安装工程竣工的工期,其中火力发电站施工工期为主厂房挖土到第一台机组试运转。

4. 按照生产工艺流程的要求,找出各交工系统投产的衔接时间,并按照规定的指标要求,以此来决定交工系统施工的先后顺序。规划时还要考虑投资的均衡性和高峰程度。

5. 绘制企业建设分期分批投产顺序的进度计划表。表的格式见表 5-5。

表 5-5 大型企业建设分期分批投产顺序进度计划表

序号	项 目	工期	第一年				第二年				第三年				第四年				占总投资 比例/%
		/月	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	准备期	附属企业				××万元													
2		生活基地																	
3		场地平整																	
4		运输设施																	
5		供水排水设施																	
6		动力设施																	
7	建设期	某某系统					××万元			××万元									
8		某某系统					第I期工程				第II期工程								
9		某某系统																	
10	历年投资额/万元																		
11	占 总 投 资/%																		

第三节 施工总进度计划及资源供应计划的编制方法

施工总进度计划,是根据施工部署中建设工程分期分批投产顺序以及施工方案,将每一个系统的各项工程分别列出,在各系统工程控制的期限内,进行各项工程的具体安排。如建设企业的规模不很大,各系统工程项目不多时,也可不先安排分期分批投产顺序而直接安排总进度计划。但在进行此项工作时,必须征求各方面的意见,以使计划的现实性高一点。施工总进度计划的作用在于确定各个系统及其主要工种工程、准备工程和全工地性工程的施工期限及其开工和竣工的日期,从而确定建筑工地上劳动力、材料、成品、半成品的需要和调配,建筑机构附属企业的生产能力,建筑职工居住房屋的面积,仓库和堆场的面积,供水、供电的数量等。正确地编制施工总进度计划,是保证各个系统以及整个建设项目如期交付使用,充分发挥投资效果,降低建筑工程成本的重要条件。

施工总进度计划一般按下述步骤进行:

一、按工种工程计算拟建建筑物以及全工地性工程的工程量

所谓按工种工程,是指把逐个建筑物,都按土方、砌砖、灌筑混凝土等主要的和大规模的工种工程分别计算出来,其中包括为施工服务的全工地性工程,如平整场地、修筑道路、建造临时建筑等。此时计算工程量的目的,是为了拟订施工方案,选用主要的施工、运输和安装机械,初步规划各主要工程的流水施工方法,计划工人和干部的人数,计算各类物资的需要量。因此工程量只需粗略地计算即可满足要求。计算工程量时可按初步设计(或扩大初步设计)图纸并根据下列三种定额、资料进行计算(表 5-6)。

表 5-6 建筑安装工程万元消耗工料指标(附单位造价)

序号	工程种类	人工 /工日	钢材 /t	水泥 /t	模板 /m ³	成材 /m ³	砖 /万块	瓦 /千块	黄砂 /t	碎石 /t	白铁皮 /m ²	玻璃 /m ²	油漆 /m ²	电焊条 /kg	铁丝 /kg	沥青 /kg	造价 /(元·m ⁻²)	
1	工业与民用建筑综合	397	2.95	14.2	1.17	1.87	2.3	0.91	66	62	5	18	62	18	20	12	101	70
2	工业建筑	373	2.96	14.7	1.23	1.4	1.9	0.8	63	64	5	16	63	20	19	13	114	78
3	民用建筑	492	1.4	14.29	0.94	3.77	3.9	1.35	76	53	6	26	58	11	22	7	50	52
4	工业	345	3.06	15.48	1.06	1.23	1.1	-	47	64	4	18	92	23	13	18	274	100
5	装配式重型结构	339	3.04	12.35	0.59	0.71	1.1	1.06	52	58	3	11	99	21	16	13	37	80
6	装配式轻型结构	362	5.29	15.96	4.74	1.18	1.3	-	62	71	8	17	37	16	39	21	81	92
7	框架结构	410	2.34	14.24	0.72	1.58	3.2	1.39	84	74	4	17	21	19	16	5	44	60
8	单层混合结构	434	2.0	15.05	1.52	3.48	2.7	0.65	64	44	7	24	44	18	25	16	271	67
9	多层混合结构																	
9	民用	508	1.29	14.89	1.15	3.1	3.7	1.11	70	74	4	26	42	18	21	5	-	50
10	办公教学楼类	398	1.23	13.05	0.85	2.86	3.1	-	67	45	6	23	123	16	17	8	235	69
11	试验、门诊、医院类	424	1.77	14.63	1.01	3.54	3.6	2.42	73	40	8	23	96	6	21	8	20	62
12	食堂、浴室、厨房类	473	1.24	14.89	0.84	4.25	4.9	1.01	86	50	7	29	34	5	26	6	-	43
13	住宅、宿舍类	435	1.51	15.65	1.20	2.4	3.1	0.13	95	74	6	24	69	15	17	13	166	60
14	沿街建筑、招待所类	521	2.78	14.33	1.27	4.47	2.1	0.98	78	42	11	16	140	35	24	10	156	80
15	饭馆、汽车站、公用建筑类	995	1.09	6.17	0.12	6.94	2.5	8.48	9	13	-	27	-	-	8	5	-	26
	农村建筑类																	

注:1. 本表是某一个地区的资料,不能作全国万元消耗指标。

2. 本指标造价中已包括 12% 的间接费和大型的临时设施费,未包括水电费。

3. 必须用每 m² 指标数,只需将造价乘以各类工料数,并被万元除即得。

(一)万元、10万元投资工程量,劳动力及材料消耗扩大指标(即万元定额)

在这种定额中,可查出某一种结构类型的建筑,每万元或10万元投资中的劳动力和主要材料消耗量,对照设计图纸中的结构类型及概算,即可求得拟建工程分项所需劳动力和主要材料消耗量。

(二)概算指标和扩大结构定额

这两种定额都是预算定额的进一步扩大。概算指标是以每100 m³体积为单位,扩大结构定额则以每100 m²面积为单位。根据建筑物的结构类型、跨度、高度即可查出每100 m³建筑体积和每100 m²建筑面积的劳动力及主要材料消耗指标。

(三)标准设计或类似工程资料

在缺乏定额手册的情况下,可采用标准设计或已建类似工程实际耗用劳动力和主要材料数量。若类似工程与拟建工程有出入时,则应进行必要的调整。也可采用分部工程造价占土建工程总造价的百分比(参见表5-7)进行估算。

表5-7 分部工程造价占土建总造价百分比表 (%)

序号	建筑物名称	基础	砖墙	现浇混凝土	预制钢筋混凝土	预应力混凝土	门窗	木结构	金属	屋面	楼地面	粉刷	其它
1	框架厂房	9.30	11.86	4.70	27.24	9.97	9.33	-	8.88	2.56	8.67	-	7.67
2	混合厂房	7.40	15.80	1.50	27.93	10.40	9.31	-	14.10	0.72	6.92	0.41	5.47
3	砖木厂房	5.86	20.88	0.84	0.27	-	11.52	16.21	-	-	12.82	-	-
4	混合教学楼	3.36	23.35	18.64	17.63	5.22	8.82	1.52	-	3.30	7.67	3.00	7.49
5	混合宿舍	6.17	33.00	4.48	17.92	8.12	9.83	2.03	-	-	8.07	3.31	7.07
6	混合医院	7.42	25.21	5.61	8.76	-	14.12	8.44	-	8.78	9.33	6.14	6.19
7	混合营业楼、办公楼	6.27	32.71	3.67	13.45	-	9.86	5.87	-	8.66	9.68	4.57	5.56
8	饭堂、厨房	6.30	24.27	-	0.47	-	8.54	13.59	-	23.03	15.50	3.49	4.81

注:序号1、2、3、4、5中屋面不包括屋面板。

按上述方法将逐个建筑物、构筑物的工种工程量计算出来后,填入工种工程量汇总表(表5-8)。对次要工程可归并成组进行计算。

表5-8 工种工程工程量汇总表

序号	工程名称	单位	工业建筑				居住建筑				临时建筑				
			主要建筑	辅助建筑	附属工程		单身宿舍	家属宿舍	公共房屋	管道	住	公共房屋	道	加	仓
					构筑物	管									
1	准备工程														
2	土方工程 平整场地 挖土 回土 运土														

续表 5-8

序号	工程名称	单位	工业建筑						居住建筑					临时建筑				
			主要建筑		辅助建筑		附属工程		单身宿舍	家属宿舍	公共房屋	管道	道路	住房	公共房屋	道路	加仓	仓库
							构筑物	管网										
3	砖石工程 砌块石 砌 砖																	
4	混凝土 现 浇 预 制																	
5	吊 装 钢筋混凝土 钢结构																	
6	屋面工程																	
7	装饰工程																	
8	水电安装																	
9	道 路																	
10	其 它																	

二、确定各单位工程(或单个建筑物)的施工期限

单位工程的工期可参阅工期定额(指标)予以确定。工期定额是根据我国各部门多年来的经验,经分析汇总而成的。单位工程的施工期限与建筑类型、结构特征、施工方法、施工技术和管理水平,以及现场的施工条件等因素有关,故确定工期时应予综合考虑。

三、确定各单位工程(或单个建筑物)开竣工时间和相互搭接关系

在施工部署中已确定了总的施工程序和各系统的控制期限及搭接时间,但对每一建筑物何时开工、何时竣工尚未确定。在解决这一问题时,主要考虑下述诸因素:

1. 同一时期的开工项目不宜过多,以免人力物力的分散;
2. 尽量使劳动力和技术物资消耗量在全工程上均衡;
3. 做到土建施工、设备安装和试生产之间在时间的综合安排上以及每个项目和整个建设项目的安排上比较合理;
4. 确定一些次要工程作为后备项目,用以调剂主要项目的施工进度。

四、编制总进度计划

总进度计划以表格形式表示。目前表格形式并不统一,有的很细、分项较多,有的较粗、分项也较少。从总进度计划的目的、作用来看,搞得过细没有必要,因为总进度计划主要起

(二) 构件、半成品及主要建筑材料需要量计划

根据工程量查万元定额、概算指标(或扩大结构定额)或类似工程的经验资料即可查出各建筑物所需的建筑材料、半成品及成品的需要量。然后再根据总进度计划,即可估算出各个时期内的需要量(表 5-11)。

表 5-11 整个建筑工程的构件、半成品及主要建筑材料需要量综合一览表

序号	类别	构件、半成品及主要材料名称	单位	总计	运输线路	上下水工程	电气工程	工业建筑	居住建筑		其它临建工程	需要量计划							
									永久性住宅	临时性住宅		××××年				××××年			
												一季度	二季度	三季度	四季度	一季度	二季度	三季度	四季度
1	构件及半成品	钢筋	t																
2		混凝土及钢筋	m ³																
3		混凝土	m ³																
4		木结构梁楼板	福																
5		钢结构	t																
6	主要建筑材料	模板	m ³																
7		砖	千块																
8		石灰	t																
9		水泥	t																
10		圆木	m ³																
11		沥青	t																
12	钢材	t																	
		碎石	m ³																

(三) 主要机具需要量计划

根据施工部署和主要建筑物的施工方案、技术措施以及总进度计划的要求,即可提出必需的主要施工机具的数量及进场日期。这样,可使所需机具按计划进场,另外为计算施工用电、选择变压器容量等提供计算依据。主要机具需要量计划表如表 5-12。

表 5-12 主要机具需要量一览表

序号	机具名称	简要说明 (型号、生产率等)	单位	电动机 功率 /kW	××××年				××××年	××××年	解决办法
					一季度	二季度	三季度	四季度			
1											
2											
3											
4											

的设施和拟建永久性建筑设施,临时建筑尽量采用拆移式结构。

4. 临时设施的布置,应利于工人的生产和生活。
5. 遵循劳动保护、技术安全和防火要求。

三、施工总平面图的内容

1. 原有的地形等高线、测量基准点,作为安排运输、排水等工作的依据。
2. 一切已有的和拟建的地上和地下的房屋、构筑物及其它设施的位置和尺寸。
3. 为施工服务的一切临时设施的布置,其中包括:
 - (1)工地上与各种运输业务有关的建筑物和运输道路。
 - (2)各种加工厂、半成品制备站及机械化装置等。
 - (3)各种材料、半成品及零件的仓库和堆场。
 - (4)行政管理及文化、生活、福利用的临时建筑物。
 - (5)临时给水、排水管线,供电线路,蒸汽及压缩空气管道等。
 - (6)机械站和车库位置。
 - (7)一切安全及防火措施的位置。
4. 永久性及半永久性坐标位置、取土弃土位置。

四、施工总平面图的设计方法与步骤

(一)运输线路的布置

主要材料进入工地的方式不外乎铁路、公路和水路。当由铁路运输时,则根据建筑总平面图中永久性铁路专用线布置主要运输干线,而且考虑提前修筑以便为施工服务,引入时应注意铁路的转弯半径和竖向设计。当由水路运输时,应考虑码头的吞吐能力,码头数量一般不少于两个,码头宽度应大于2.5m。当由公路运输时,则应先布置场内仓库和附属企业,然后再布置场内外交通道路,因为汽车线路布置比较灵活。

关于公路运输的规划应先抓干线的修建,布置道路时,应注意下列问题:

1. 注意临时道路与地下管网的施工程序及其合理布置

将永久性道路的路基先修好,作为施工中临时道路使用以节约费用。另外当地下管网图纸尚未下达时,应将临时道路尽量布置在无管网地区或扩建工程范围内。

2. 注意保证运输畅通

进出工地应布置两个以上出入口。场内干线采用环形布置。主要道路用双车道,宽度不小于6m;次要道路可用单车道,宽度不小于3.5m,每隔一定距离设会车或调头回车的地方。

3. 注意施工机械行驶线路的设置

为了保护道路干线的路面不受损坏,可在道路干线路肩上设置宽约4m的施工机械行驶路线,长度可为从机械停放场到施工现场必经的一段线路。土方机械运土另指定专门线路。

此外,应及时疏通路边沟,尽量利用自然地形排水。

4. 公路路面结构的选择

根据经验,厂外与省、市公路相连的干线,可以一开始就建成混凝土路面,因为两旁多属

住宅工程,管网较少。同时也由于按照城市规划来建筑,变动不大。而绕厂区的环厂道路以及厂内道路,在施工期间,应选择碎石级配路面。因为厂区内外的管网和电缆、地沟较多,即使是有计划的、密切配合的施工,在个别地方,路面也难免不遭破坏,假如采用碎石级配路面,修补比较方便。

(二)仓库的布置

材料若由铁路运入工地,仓库可沿铁路线布置,但应有足够的卸货前线。否则,宜设转运站。

材料若由汽车运入时,仓库布置较灵活,此时应考虑尽量利用永久性仓库。仓库位置距各使用地点要比较适中,以使运输吨公里尽可能小。仓库应位于平坦、宽敞、交通方便之处,且应遵守安全技术和防火规定。

一般材料仓库应邻近公路和施工地区布置;钢筋、木材仓库应布置在其加工厂附近;水泥库、砂石堆场则布置在搅拌站附近;油库、氧气库和电石库、危险品库宜布置在僻静、安全之处;大型工业企业的主要设备的仓库(或堆场)一般应与建筑材料仓库分开设立,一般笨重的设备应尽量放在车间附近。

(三)加工厂的布置

加工厂布置时主要考虑原料运到工厂和成品、半成品运到需要地点的总运输费用最小,同时考虑到生产企业有最好的工作条件,生产与建筑施工互不干扰,此外,还需考虑今后的扩建和发展。一般情况下,把加工厂集中布置在工地边缘。这样,既便于管理,又能降低铺设道路、动力管线及给排水管理的费用。

现按加工厂种类分述如下:

1. 混凝土搅拌站和砂浆搅拌站

混凝土搅拌站可采用集中与分散相结合的方式。集中布置可以提高搅拌站机械化、自动化程度,从而节约劳动力,保证重点工程和大型建筑物、构筑物的施工需要。同时由于管理专业化,混凝土质量有保证。但集中布置也有其不足之处,一般集中布置时,运距较远,必须备有足够的翻斗汽车,在灌注地点要增设卸料台,有时还要进行二次搅拌。此外,大型工地的建筑物和构筑物的类型多,混凝土品种的标号也多,要在同一时间,同时供应几种标号的混凝土较难调度。因此,最好采取集中与分散相结合的布置方式。

根据建设工程分布的情况,适当设计若干个临时搅拌站,使其与集中搅拌站有机配合。而集中搅拌站也应设几台较小型的搅拌机,这样,不仅能充分满足单一标号的大量的混凝土供应,同时也能适当地搅拌零星的多标号的混凝土,以满足各方面的需要。

集中搅拌站的位置,应尽量靠近混凝土需要量最大的工程,且至其它各重点供应工程的服务半径亦应大致相等。

砂浆搅拌站以分散布置为宜,随拌随用。在工业建筑工地上一般砌筑工程量不大,很少采用三班连续作业,如果集中搅拌砂浆,不仅造成搅拌站的工作不饱满,不能连续生产,而且集中供应又会增加运输上的困难。

2. 钢筋加工厂

对需进行冷加工、对焊、点焊的钢筋骨架和大片钢筋网,宜设置中心加工厂集中加工,这样,可充分发挥加工设备的效能,满足全工地需要,保证加工质量,降低加工成本。而小型构件,小批量生产利用简单机具成型的钢筋加工,则可在分散的临时钢筋加工棚内进行。

3. 木材联合加工厂

锯材、标准门窗、标准模板等加工量较大时,设置集中的木材联合加工厂比较好。这样,设备集中,便于实现生产的机械化、自动化,从而节约劳动力,同时残料锯屑可以综合利用,利于节约木材,降低成本。至于非标准件的加工及模板修理等工作,则最好是在工地设置若干个临时作业棚。如建设区有河流时,联合加工厂最好靠近码头,因原木多用水运,直接运到工地,可减少二次搬运,节省时间与运输费用。

(四)临时房屋的布置

临时房屋可分:

1. 行政管理和辅助生产用房,包括办公室、警卫室、消防站、汽车库以及修理车间等。
2. 居住用房,包括职工宿舍、招待所等。
3. 文化福利用房,包括浴室、理发室、文化活动室、开水房、小卖部、食堂、邮电所及储蓄所等。

临时房屋的布置应尽量利用已有的和拟建的永久性房屋,生活区与生产区应分开,行政管理用房布置在工地进出口附近,便利对外联系,文化福利用房布置在工人较集中的地方。布置时还应注意尽量缩短工人上下班的路程,并应符合劳保卫生条件。

(五)工地供水的布置

工地上临时供水包括三方面:生产用水、生活用水及消防用水。布置时应尽量利用或接上永久性给水系统。工地上给水系统有明管与暗管两种,一般采用暗管,这样既不易损坏又不妨碍交通。暗管布置应与土方平整统一规划。

临时水池、水塔应设在地势较高处,临时排水干管沿主要干道布置。布置方式通常有环状和树枝状两种。前者管道干线围绕施工对象一圈,后者干线为一条或若干条,从干线到各使用点则用支线联结。也有上述两种布置结合起来的。究竟用何种方式,主要由建筑物及使用点的情况及供水需要而定。

过冬的临时管道,要加设防冻保温措施。

消防站,一般布置在工地的出入口附近,沿道路设置消防水栓。消防水栓间距不应大于100m,消防水栓距路边缘不应大于2m。

(六)工地供电的布置

关于电源,尽量利用施工现场附近原有的高压线路或发电站及变电所。如果在新开辟的地区施工,或者距现有电源较远或能力不足时,就需考虑临时供电设施。

如工地附近现有电源能满足需要,则仅需在建筑工地上设立变电所和变压器,将外来之高压电降低为低压电。另外,由于变电所受供电半径的限制,所以在大型工地上,往往不只设一个变电所,而是分别设若干个,这样,当一处发生故障时,不致影响其它地区。

临时输电干线沿主要干道布置成环形线路。

应当指出,上述各项布置并不是截然分开各自孤立进行的,而应相互结合,统一考虑,反复修正,直到合理为止,才能最后确定下来。要得到最优、最理想的施工总平面图,往往应编制几个方案进行比较,从中择优。

第六章 建筑工地业务组织

施工组织设计的基本任务之一就是为工程施工创造必要的生产条件。所谓施工业务组织,就是对各种生产条件的组织,其涉及的面是很广泛的,需要解决的问题也是较繁杂的。就建筑工地而言,全工地性施工业务组织主要包括:临时仓库、办公生活用房、加工车间及生产用房布置;临时供水、供电、供气;工地运输路线布置。现分述如下。

第一节 临时仓库、办公生活用房

一、临时仓库

正确地组织工地上材料供应和储存材料的管理工作是确保工程顺利进行的重要条件之一。物资的储备一般要占用流动资金的60%左右。所以,要求做到:储存量最少,储存期最短,机械化程度最高,装卸及转运费用最省,同时又能遵守保安、防火、环保等要求,而且有足够的储备量供应施工。另外在储存期还应做到防锈、防尘、防潮、防震、防腐、防磨、防水、防爆、防变质、防漏电等“十防”要求。

按仓库用途和位置有转运仓库及工地仓库之分。前者设在火车站及码头附近,后者设在工地范围之内。

由于运送量与消耗量之间必须保持一定的储备量,这就要求有一储存保管的场所,这种场所称作临时仓库。临时仓库是一个总名称,根据材料保管方式有下列几种仓库:

1. 库房(密封式)。用于存放易受大气侵蚀变质的建筑材料、贵重材料以及细巧的容易损坏或散失的材料,如水泥、石灰、石膏、五金零件及贵重设备、器具、工具和工作服等。

2. 库棚。用于存放防止雨雪阳光直接侵蚀的材料,如油毛毡、镶面陶瓷砖、细木作零件和沥青等。

3. 露天仓库。用于堆放不会因自然气候影响而损坏质量的材料,如砂石、砖瓦、混凝土制品、木材等。

(一)建筑材料储备量的确定

确定某一种建筑材料的仓库面积,与该建筑材料的储备天数、材料的需要量以及仓库每平方米的存放定额有关。而储备天数又与材料的供应情况、运输能力以及气候条件有关。由于雨季、冬季运输不方便,因此,在雨季、冬季到来前,应多储备一些材料。所以储备量及仓库面积出入很大,一般可按下列式计算:

$$P = T_H \frac{Q \cdot K}{T_1} \quad (6-1)$$

式中 P ——某种材料的储备量(t或 m^3);

T_H ——材料储备天数又称储备期定额(见表 6-2);

Q ——某种材料年度或季度需要量(t 或 m^3),可根据材料需要量计划表求得;

K ——某种材料需要量不均匀系数(见表 6-1);

T_1 ——有关施工项目的施工总工作日。

表 6-1 材料使用的不均匀系数表

序号	材料名称	材料使用不均匀系数		备 注
		K 季	K 月	
1	砂 子	1.2~1.4	1.5~1.8	
2	碎石、卵石	1.2~1.4	1.6~1.9	
3	石 灰	1.2~1.4	1.7~2.0	
4	砖	1.4~1.8	1.6~1.9	
5	瓦	1.6~1.8	2.2~2.5	
6	块 石	1.5~1.7	2.5~2.8	
7	炉 渣	1.4~1.6	1.7~2.0	
8	水 泥	1.2~1.4	1.3~1.6	
9	型钢及钢板	1.3~1.5	1.7~2.0	
10	钢 筋	1.2~1.4	1.6~1.9	
11	木 材	1.2~1.4	1.6~1.9	
12	沥 青	1.3~1.5	1.8~2.1	
13	卷 材	1.5~1.7	2.4~2.7	
14	玻 璃	1.2~1.4	2.7~3.0	

(二)仓库面积的确定

求得某种材料的储备量后,便可根据某种材料的储料定额,用下式计算其面积:

$$A = \frac{P}{q \cdot K'} \quad (6-2)$$

式中 A ——某种材料所需的仓库总面积(m^2);

q ——仓库存放材料的储料定额(t/m^2 或 m^3/m^2) (见表 6-2);

K' ——仓库面积利用系数,用以考虑人行道和车道所占面积的影响。

表 6-2 仓库面积计算数据参考资料

序号	材料名称	单位	储备天数	每 m^2 储存量	堆置高度/m	仓库类型
1	钢 材	t	40~50	1.5	1.0	
	工槽钢	t	40~50	0.8~0.9	0.5	露 天
	角 钢	t	40~50	1.2~1.8	1.2	露 天
	钢筋(直筋)	t	40~50	1.8~2.4	1.2	露 天
	钢筋(盘)	t	40~50	0.8~1.2	1.0	棚或库约占 20%
	钢 板	t	40~50	0.4~2.7	1.0	露 天
	钢管 $\phi 200$ 以上	t	40~50	0.5~0.6	1.2	露 天
	钢管 $\phi 200$ 以下	t	40~50	0.7~1.0	2.0	露 天
	钢 轨	t	20~30	2.3	1.0	露 天
	铁 皮	t	40~50	2.4	1.0	库 或 棚

续表6-2

序号	材料名称	单位	储备天数	每 m ² 储存量	堆置高度/m	仓库类型
2	生 铁	t	40~50	5	1.4	露 天
3	铸铁管	t	20~30	0.6~0.8	1.2	露 天
4	暖气片	t	40~50	0.5	1.5	露天或棚
5	水暖零件	t	20~30	0.7	1.4	库 或 棚
6	五 金	t	20~30	1.0	2.2	库
7	钢丝绳	t	40~50	0.7	1.0	库
8	电线电缆	t	40~50	0.3	2.0	库 或 棚
9	木 材	m ³	40~50	0.8	2.0	露 天
	原 木	m ³	40~50	0.9	2.0	露 天
	成 材	m ³	30~40	0.7	3.0	露 天
	枕 木	m ³	20~30	1.0	2.0	露 天
	灰板条	千根	20~30	5	3.0	棚
10	水 泥	t	30~40	1.4	1.5	库
11	生石灰(块)	t	20~30	1~1.5	1.5	棚
	生石灰(袋装)	t	10~20	1~1.5	1.5	棚
	石 膏	t	10~20	1.2~1.7	2.0	棚
12	砂、石子人工堆置	m ³	10~30	1.2	1.5	露 天
	砂、石子机械堆置	m ³	10~30	2.4	3.0	露 天
13	块 石	m ³	10~20	1.0	1.2	露 天
14	红 砖	千块	10~30	0.5	1.5	露 天
15	耐火砖	t	20~30	2.5	1.8	棚
16	粘土瓦、水泥瓦	千块	10~30	0.25	1.5	露 天
17	石棉瓦	张	10~30	25	1.0	露 天
18	水泥管、陶土管	t	20~30	0.5	1.5	露 天
19	玻 璃	箱	20~30	6~10	0.8	棚 或 库
20	卷 材	卷	20~30	15~24	2.0	库
21	沥 青	t	20~30	0.8	1.2	露 天
22	液体燃料润滑油	t	20~30	0.3	0.9	库
23	电 石	t	20~30	0.3	1.2	库
24	炸 药	t	10~30		1.0	库
25	雷 管	t	10~30		1.0	库
26	煤	t	10~30	1.4	1.5	露 天
27	炉 渣	m ³	10~30	1.2	1.5	露 天
28	钢筋混凝土构件					
	板	m ³	3~7	0.14~0.24	2.0	露 天
	梁、柱	m ³	3~7	0.12~0.18	1.2	露 天
29	钢筋骨架	t	3~7	0.12~0.18	-	露 天

续表 6-2

序号	材料名称	单位	储备天数	每 m ² 储存量	堆置高度/m	仓库类型
30	金属结构	t	3~7	0.16~0.24	-	露天
31	铁件	t	10~20	0.9~1.5	1.5	露天或棚
32	钢门窗	t	10~20	0.65	2	棚
33	木门窗	m ²	3~7	30	2	棚
34	木屋架	m ³	3~7	0.3	-	露天
35	模板	m ³	3~7	0.7	-	露天
36	大型砌块	m ³	3~7	0.9	1.5	露天
37	轻型混凝土制品	m ³	3~7	1.1	2	露天
38	水、电及卫生设备	t	20~30	0.35	1	棚、库各约占 1/4
39	工艺设备	t	30~40	0.6~0.8	-	露天约占 1/2
40	各种劳保用品	件		250	2	库

装有货架的通用密闭仓库,在材料堆放行列之间,人行道宽 1.0m 和主要通道宽 2.5~3m 时, $K' = 0.35 \sim 0.4$ 。储放桶装、袋装和其它包装的密闭仓库, $K' = 0.4 \sim 0.6$ 。设有储放槽和车道的密闭仓库, $K' = 0.5 \sim 0.7$ 。木材露天仓库, $K' = 0.4 \sim 0.5$ 。金属仓库,货物放在架子上堆放时, $K' = 0.5 \sim 0.6$ 。散装材料露天仓库, $K' = 0.6 \sim 0.7$ 。储存水泥和其它胶结材料用的圆仓式仓库, $K' = 0.8 \sim 0.85$ 。

仓库面积的另一种计算方法称为系数计算法。

$$A = \varphi \cdot m \quad (6-3)$$

式中 φ ——系数(m²/人, m²/万元)(见表 6-3);

m ——计算基础数(生产工人数, 全年计划工作量)(见表 6-3)。

表 6-3 按系数计算仓库面积表

序号	名称	计算基础数 m	单位	系数 φ
1	仓库(综合)	按工地全员	m ² /人	0.7~0.8
2	水泥库	按当年水泥用量的 40%~50%	m ² /t	0.7
3	其它仓库	按当年工作量	m ² /万元	2~3
4	五金杂品库	按年建安工作量计算时 按在建建筑面积计算时	m ² /万元 m ² /100m ²	0.2~0.3 0.5~1
5	土建工具库	按高峰年(季)平均人数	m ² /人	0.10~0.20
6	水暖器材库	按年在建建筑面积	m ² /100 m ²	0.20~0.40
7	电器器材库	按年在建建筑面积	m ² /100 m ²	0.3~0.5
8	化工油漆危险品仓库	按年建安工作量	m ² /万元	0.1~0.15
9	三大工具堆材 (脚手、跳板、模板)	按年在建建筑面积 按年建安工作量	m ² /100 m ² m ² /万元	1~2 0.5~1

(三) 仓库最优位置的确定

运筹学* 中的麦场作业法,是说有一大片分散的麦田,需要设置一个打麦场,要求麦场的位置能保证所花费的运输吨公里数最小。

如果把每一块麦田作为一个发点,产量作为发量,道路交叉点作为没有发量的发点,我们要确定的最合理的麦场位置是收点,这个收点就是最优设场点。

在施工总平面设计中,可以应用这种方法确定材料仓库的最佳设场位置,从而减少材料的运输费用。这里不同的是,仓库为材料的发点,各施工用料现场为材料的收点。

根据道路形式的不同,用麦场作业法确定最优设场点时,可分下述几种情况:

1. 当道路没有环路时,选择最优设场点可概括为四句话:“道路没有圈,检查各个端,小半归邻站,够半就设场。”

图 6-1 表示,某工地有 8 个施工点,圆圈中字母表示施工对象,数字表示相应点某种材料需要量, G 是道路交叉点,求材料仓库的最佳位置。

8 个点总需要量为 $3+4+5+7+6+2+0+9+4=40$ (单位:t),先检查端点 A ,其收量为 3,未超过 $\frac{40}{2}$,归邻站 C ,则 C 点的收量应为 $5+3=8$,同时检查端点 $B、E、H、I$,其收量分别为 4、6、9、4,均未超过 $\frac{40}{2}$,分别归邻站 $C、D、G$,见图 6-1c,最后在图 6-1d 中可以看到, D 点的收量为 25,已超过 $\frac{40}{2}$,所以 D 点是最优设场点。

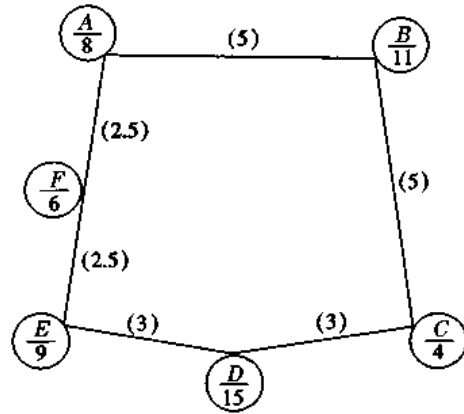
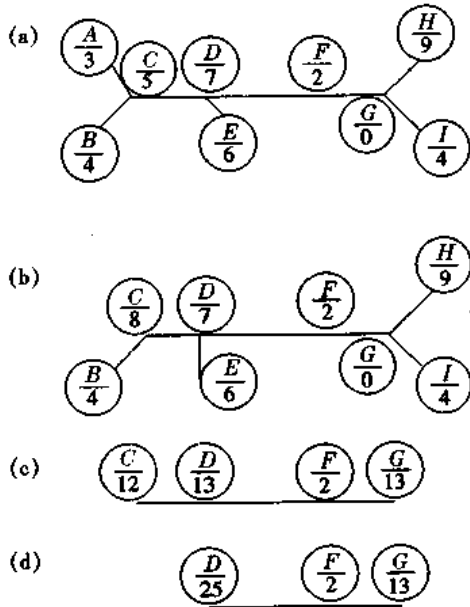


图 6-1 最优设场点的确定(道路无环路) 图 6-2 最优设场点的确定(道路有环路)

2. 当道路有环路时,数学上可以证明,最优点一定在某个收点。因此,可先假定每个收点为最优设场点,然后分别计算到各收点的吨公里数总和,其最小者,为最优设场点。

如图 6-2 为某工地六个施工对象形成一环路,图上各收点之间的数字为相应点间的距

* 运筹学用一句通俗的话来说,就是“精打细算巧安排”。它的任务是在调查研究,充分掌握情况的基础上,用数学和经济学的原理和方法,对生产组织和计划中的问题,通过分析和计算,找出最经济有效的方案。

离。现逐点计算如下：

A 点： $11 \times 5 + 6 \times 2.5 + 4 \times 10 + 9 \times 5 + 15 \times 8 = 275t \cdot km$;

B 点： $315t \cdot km$;

C 点： $285t \cdot km$;

D 点： $224t \cdot km$;

E 点： $234t \cdot km$;

F 点： $241.5t \cdot km$ 。

由此可见，D 点是仓库最优位置。

3. 道路有环路而且还带枝状道路时，数学上可以证明，最优设场点一定在某个收点或道路交叉点上。

图 6-3 为某一工地的 7 个施工对象，其计算结果如下：

A 点： $5 \times 4 + 4 \times 5 + 6 \times 4 + 3 \times 7 + 7 \times 13 + 6 \times 14 = 260t \cdot km$;

B 点： $249t \cdot km$;

C 点： $371t \cdot km$;

D 点： $262t \cdot km$;

E 点： $256t \cdot km$;

F 点： $383t \cdot km$;

G 点： $419t \cdot km$;

H 点： $275t \cdot km$;

I 点： $237t \cdot km$;

J 点： $279t \cdot km$ 。

由此可见，仓库最优位置是 I 点。

道路有环路并带枝状道路时，计算比较麻烦，此时，可先用无环路的方法，检查枝状道路上各端点，如收量未超过总发量的一半，则归邻站，使枝状道路上的收量都归并到环路上去(图 6-3b)，然后再进行计算，其吨公里数分别为：

A 点： $151t \cdot km$;

B 点： $140t \cdot km$;

D 点： $153t \cdot km$;

E 点： $147t \cdot km$;

H 点： $166t \cdot km$;

I 点： $128t \cdot km$ 。

由此可见，I 点的吨公里数最小，所以最优设场点还是 I 点，但这种简化计算方法所得的吨公里数并不是实际数，而是一个相对的比较数。

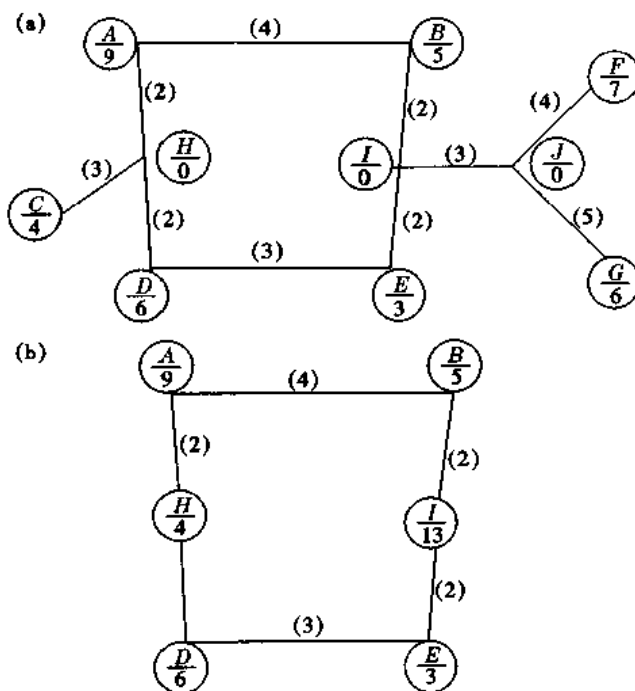


图 6-3 最优设场点的确定(道路带枝状环路)

二、办公生活用房

(一)确定使用人数

1. 建筑工地人员分职工和家属两大类。具体包括：

(1)直接参加施工的基本工人(包括建筑、安装工人,装卸运输工人等);

(2)辅助生产工人(包括机械维修、运输、仓库管理、动力设施管理、附属企业的工人及冬季的附加工人等);

(3)行政及技术管理人员;

(4)为建筑工地上居民生活的其他人员(包括幼儿园、医疗站、邮电代办所等);

(5)上述各类人员的家属。

2. 上述各类人员数的计算如下：

(1)直接参加施工的基本工人

$$\text{年(季)度平均在册基本工人} = \frac{\text{年(季)度总工日} \times (1 + \text{缺勤率})}{\text{年(季)度有效工作日}} \quad (6-4)$$

$$\text{年(季)度高峰在册基本工人} = \text{年(季)度平均在册基本工人} \times \text{年(季)度施工不均衡系数} \quad (6-5)$$

(2)辅助生产工人

$$\text{年(季)度平均在册辅助工人} = \text{年(季)度平均在册基本工人} \times \text{辅助工人系数} \quad (6-6)$$

$$\text{年(季)度高峰在册辅助工人} = \text{年(季)度高峰在册基本工人} \times \text{辅助工人系数} \quad (6-7)$$

(3)行政及技术管理人员

$$\text{技职人员数} = (\text{年度平均在册基本工人} + \text{年度平均在册辅助工人}) \times \text{技职人员系数} \quad (6-8)$$

(4)为建筑工地居民生活的其他人员

$$\text{其他人员数} = (\text{年度平均在册基本工人} + \text{年度平均在册辅助工人}) \times \text{其他人员系数} \quad (6-9)$$

各类人员的系数见表6-4。

表6-4 各类人员的系数表

序号	项目名称	系数	
		土建工程	建筑安装工程
1	年度施工不均衡系数	1.2~1.3	1.2~1.3
2	季度施工不均衡系数	1.1~1.3	1.1~1.2
3	缺勤率	5%	5%
4	辅助工人系数	10%~20%	10%~15%
5	工人带着系数	0~20%	0~40%
6	技职人员带着系数	0~40%	0~40%
7	技职及其他人员系数合计	17.6%~22%	20%~25%
8	其中:技职人员系数	15%~18%	17%~22%
9	其他人员系数	2.6%~7%	3%~8%

(5)家属人员数

以上各类人员的家属人数,可根据建设项目的具体情况,取用不同的系数。其与建设工期的长短、工地与建筑企业生活基地的远近等因素都有关。如果在市区建造一般工业与民用建筑工程或工期较短的工程时,也可考虑不建家属宿舍。

$$\text{职工家属人数} = (\text{年度平均在册基本工人} + \text{年度平均在册辅助工人} + \text{其他人员}) \times \text{工人带着系数} \quad (6-10)$$

$$\text{技职工家属人数} = \text{技职人员数} \times \text{技职人员带着系数} \quad (6-11)$$

(二)确定临时房屋面积

各类人员数确定后,即可按现行的定额或实际经验数值,计算出各类人员需要的临时房屋的面积。计算公式如下:

$$A = N \times P \quad (6-12)$$

式中 A——建筑面积(m^2);

N——人数;

P——建筑面积定额(表6-5)。

表6-5 行政、生活、福利临时建筑物面积参考表

序号	临时房屋名称	单位	面积定额	备注
1	办公室	$\text{m}^2/\text{人}$	3~4	
2	宿舍			
	单层通铺	$\text{m}^2/\text{人}$	2.5~3	
	双层床	$\text{m}^2/\text{人}$	2.0~2.5	
	单层床	$\text{m}^2/\text{人}$	3.5~4	
3	家属宿舍	$\text{m}^2/\text{户}$	16~25	
4	食堂	$\text{m}^2/\text{人}$	0.5~0.8	
5	食堂兼礼堂	$\text{m}^2/\text{人}$	0.6~0.9	
6	其它			
	医务室	$\text{m}^2/\text{人}$	0.05~0.07	
	浴室	$\text{m}^2/\text{人}$	0.07~0.1	
	理发	$\text{m}^2/\text{人}$	0.01~0.03	
	浴室兼理发	$\text{m}^2/\text{人}$	0.08~0.1	
	俱乐部	$\text{m}^2/\text{人}$	0.1	
	小卖部	$\text{m}^2/\text{人}$	0.03	
	招待所	$\text{m}^2/\text{人}$	0.06	
	托儿所	$\text{m}^2/\text{人}$	0.03~0.06	
	子弟小学	$\text{m}^2/\text{人}$	0.06~0.08	
	其它公用	$\text{m}^2/\text{人}$	0.5~0.10	
7	现场小型设施			
	开水房	m^2	10~40	
	厕所	$\text{m}^2/\text{人}$	0.02~0.07	
	工人休息室	$\text{m}^2/\text{人}$	0.15	

(三)生活区及食堂的布置

临时建筑尽量利用施工现场及其附近原有的或拟建的永久性建筑物,不足部分再行修建。对于大型工业企业,建设年限较长,有时采取分期建设,边建设边生产,当基建进入到一定时期,建设单位的生产工人就陆续进厂。这样,利用永久性生活基地长期为基建施工服务的可能性较小。所以,对于建设年限在3~5年以内的工地,应当设置半永久性的基建生活基地,在基建工程完成、基建队伍转移时,可移交给建设单位或地方房管部门。如有必要,还可搭建部分简易房屋或活动性房屋。

食堂宜建在生活区内,以各基层施工队或工区为单位,用膳人数大致以500人为宜,不宜过大。

为了适应施工任务紧张、部分职工必须在现场用膳的情况,可在现场建立临时性的小型食堂,其建筑面积在200 m²左右,由生活区的固定食堂供应饭菜,或只供应副食,由其自行做饭。

第二节 建筑工地的运输业务

据资料介绍,在工地建筑中每单位体积的建筑物的货运量达到0.1~0.37t,在多层砖混居住房屋中每单位体积的建筑物的货运量达到0.5t。运输费用通常要占建筑工程造价的20%~30%(包括装卸费用在内),甚至40%。在运输方面的劳动力消耗要占到建筑安装工程劳动力消耗量的一半。所以,合理地组织运输业务,对于加速工程进展、降低工程成本和劳动量具有重大的意义。

在建筑工程中,运输、装卸作业和仓库业务是一整套彼此相关的工作,尽管各具特点,但相互联系极为密切,所以,进行这些工作的组织设计时应当综合地全盘考虑。

建筑运输按其性质分为外埠运输、当地运输和场内运输三种,亦有将外埠运输与当地运输合并称为场外运输。

外埠运输是将物资由外地运到工地。当地运输是由本地的材料场、建筑生产企业、供应机构仓库和转运仓库运到工地。

场内运输包括:①将材料及建筑物资由中心仓库送到工区(工程处)仓库、工程仓库和施工附属生产企业;②把材料由工区(工程处)仓库或工程仓库运到工作地点;③将建筑半成品和构件由施工附属生产企业送往需用的地点;④土方的运输等。

建筑运输业务的内容包括:①确定货运量和货流;②选择运输方式;③计算运输工具需要量。

运输业务设计前应掌握的资料如下:

(1)永久性线路的设计资料和修筑期限。

(2)永久性铁路和运输建筑的修复一览表。

(3)建筑工程货运量。当一部分建筑工程或个别车间已经投入生产时,另一部分建筑工程尚未完工,此时,既要运输建筑物资又要运输生产物资,在编制运输组织时,必须予以充分考虑。

(4)有关附近车站通行能力的资料。

(5)附有等高线的总平面图,图上附有车间、房屋、永久性线路的逐年建造次序。

(6)其它关于当地情况和已有车辆线路和水路码头等资料。

一、确定货运量和货流

在工地上需要运输的主要建筑材料、半成品和构件有：土方、砂、石、砖、瓦、石灰、水泥、钢材、木材、混凝土拌合物、金属构件、钢筋混凝土构件以及木制品等。这些物品通常约占建筑工程总货运量的 75%~80%，对选择运输方式起着决定性的影响。

此外，工艺设备、燃料和废料以及生活福利方面的运输也不可忽视。废料运输量按建筑安装工程每 100 万元造价有 1200t 计算；生活福利方面的运输量按施工期间工人生活区中每一居民每年 1.5t 计算；工艺设备根据厂方提供的资料计算，燃料运输量通过专门计算确定。未包括在上述范围内的其它物料，通常按上述总货量的 10%~15% 计算。

外埠运输一般由专业运输单位承运。当地运输通常由施工单位负责，仅当运力不足时才由当地运输部门承运一部分。场内运输则全部由施工单位自己承运。货运量可按式计算：

$$q = \frac{\sum Q_i \cdot L_i}{T} \times K \quad (6-13)$$

式中 q ——每昼夜货运量(t·km)；

$\sum Q_i$ ——各种货物的年度需要量(t)；

L_i ——各种货物从发货地点到储存地点的距离(km)；

T ——工程年度运输工作日数；

K ——运输工作不均衡系数，对于铁路运输可取 1.5，汽车运输取 1.2，马车运输取 1.3，拖拉机运输取 1.1，设备搬运取 1.5~1.8。

上述货运量应分别组成货流，分别确定各种货物的收发地点，填入表 6-6。最合理的做法是先编制每一种物料的计算书，然后编制货流汇总表。

表 6-6 货物运输量分配表

序号	工程货物名称	货物等级	单位	货物运输量			装卸货地点		运输量分配								备注	
				数量	单位重	总重	装货站	卸货站	场外运输				场内运输					
									汽车/t	运距/km	×	×	×	×	汽车/t	运距/km		×
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

二、选择运输方式

建筑工地运输方式有：水路运输、宽轨铁路运输、窄轨铁路运输、汽车运输、拖拉机运输、兽力运输、人力运输及特种运输(如索道等)。

水路运输是最廉价的方式，在可能条件下，应尽量利用水路运输。水路运输通常应与工地内部运输相配合，要考虑是否需要在码头设置转运仓库及卸货设施，以便卸货及转运。同时还必须充分考虑到洪水与枯水以及每年正常通航时间，妥善安排运输。

宽轨铁路运输的优点是运输量大,运距长,不受气候条件限制。但其基建投资很大,筑路技术要求严格。只有当拟建工程需要铺设永久性专用线时或建筑工地必须从国家铁路上获得大量物料时(一年运输量在 20 万 t 以上者)才考虑建造宽轨铁路。采用宽轨铁路运输还可使大量货物从发料站直接运至工地,不必经过转运,从而降低运输成本,减少货物损失。

窄轨铁路比宽轨铁路使用简便,驱动方便,投资较少,技术要求也低,因此在工地较常采用。但是它的运输量小,运输费用比宽轨要贵(但比汽车运输则便宜得多),一般常用于两个固定点之间的运输。

汽车运输是最灵活的运输方式。它的优点是:机动性大、操纵灵活、行驶速度快、转弯半径小,可在一定坡度上行驶,适于运送各种类型物料,且可将物料直接运到需要地点。尤其是采用自动翻斗车,可以大大缩短卸货时间。但是,汽车运输量较小,成本高,需要修筑较好的道路,并须经常进行保养。汽车运输特别适用于货运量不大,货源分散,地形比较复杂以及城市及工业区内的运输。当选用汽车运输时应注意:在运量大及运距较远的情况下,最好采用载重量较大的汽车;距离在 1.5km 以上比较合理,在 7km 左右最为经济;在同一工地上,选用汽车的类型不宜过多,以便于管理和维修;良好的道路是汽车运输的必要条件。

拖拉机运输是一种费用较贵的运输方式。其优点是克服障碍的能力很强,牵引力也大,对道路的要求不高,甚至不需要修筑道路。但是行驶速度小,对路面的破坏很大。因此,仅适用于场内短距离(约 1~1.5km)间运输笨重的构件。

兽力运输的搬运量和搬运距不大,运距一般在 1~2km 以内。

人力运输主要是使用单轮及双轮手推车及大板车,只作辅助性运输,其运距一般不超过 100m,多用于短途运输混凝土、钢筋及土方等。

特种运输包括皮带运输机、架空索道、缆车道、铲运、航运等。皮带运输机适用于运送大量的惰性材料,也可用来运送土方或混凝土,其优点是可以连续运输、生产率高、受地形的限制很小。架道索道用于山区、丘陵地带,其优点是运输不受地形限制,可按最短的路线敷设索道,工作不受气候的影响,能够斜向运输,但是造价较高,铺设索道的工作比较复杂,生产率较低。缆车道可在陡坡上拖运车辆,造价较低,但是运行速度不高,生产率较低。

分析了运输距离、货流量、所运货物的性质及运输距离内的地形条件之后,再通过不同运输方式其吨公里运输成本的比较,最后选定最合适的运输方式。

三、运输工具需要量的计算

运输方式确定之后,即可计算运输工具的需要量。在一定时间内(即每个工作班)所需的运输工具数量可按下式求得:

$$N = \frac{Q \times K_1}{q \times T \times C \times K_2} \quad (6-14)$$

式中 N ——运输工具所需辆数;
 Q ——最大年(季)度运输量;
 K_1 ——货物运输不均衡系数;
 q ——运输工具的台班生产率;
 T ——全年(或全季)的工作天数;
 C ——每昼夜工作班数;

K_2 ——车辆供应系数(包括修理停歇等时间)。对于 1.5~2 t 汽车运输取 0.6~0.65, 3~5 t 汽车运输取 0.7~0.8, 马车运输取 0.5, 拖拉机运输取 0.65。

四、物资调运问题

施工组织设计中常会遇到物资调运的问题,例如从若干个仓库调运物资给若干个工地,或者从几个预制厂调运构件到某几个工地,以及大面积土方的内部平衡等等,这类问题可以用线性规划求得最优解。

例如,从三个水泥仓库调运水泥给五个工地,已知各水泥仓库的库存量、各工地的水泥需用量、各仓库到各工地的距离,求其运输吨公里数为最小的调运方案(条件是供销平衡)。原始数据见表 6-7。

表 6-7 水泥调运方案原始数据

水泥仓库编号	到工地的运距 /km					各仓库水泥存量 /t
	1号工地	2号工地	3号工地	4号工地	5号工地	
No.1	4	1	3	4	4	60
No.2	2	3	2	2	3	35
No.3	3	5	2	4	4	40
各工地水泥需用量/t	22	45	20	18	30	135

如果把仓库中的水泥优先调运给最靠近它的工地,调配方案如表 6-8 所示。其运输吨公里为

$$P = 45 \times 1 + 15 \times 3 + 22 \times 2 + 5 \times 2 + 8 \times 2 + 10 \times 4 + 30 \times 4 = 320 \text{ t} \cdot \text{km}$$

表 6-8 仓库中的水泥优先调运给靠近它的工地

水泥仓库编号	调运方案(运距 km/调配量 t)					各仓库水泥存量 /t
	1号工地	2号工地	3号工地	4号工地	5号工地	
No.1	4/0	△1/45	△3/15	4/0	4/0	60
No.2	△2/22	3/0	△2/5	△2/8	3/0	35
No.3	3/0	5/0	2/0	△4/10	△4/30	40
各工地水泥需用量/t	22	45	20	18	30	135

注:表中带有△符号者,表示调进工地的水泥。

如果按另一种调运方式,即需要水泥的工地到靠近它的仓库去领取,如表 6-9 所示。其运输吨公里为

$$P = 45 \times 1 + 15 \times 4 + 22 \times 2 + 13 \times 2 + 7 \times 2 + 3 \times 4 + 30 \times 4 = 321 \text{ t} \cdot \text{km}$$

表 6-9 工地到靠近它的仓库去领取水泥

水泥仓库编号	调运方案(运距 km/调配量 t)					各仓库水泥存量 /t
	1号工地	2号工地	3号工地	4号工地	5号工地	
No.1	4/0	△1/45	3/0	△4/15	4/0	60
No.2	△2/22	3/0	△2/13	2/0	3/0	35
No.3	3/0	5/0	△2/7	△4/3	△4/30	40
各工地水泥需用量/t	22	45	20	18	30	135

我们的目的是既要把仓库内的水泥全部调运至需要用水泥的工地,又要使运输费用最小(即吨公里最小)。按照上述两种调运方式,还可列出许多方案,通过排列组合,可以把每个方案的吨公里数算出来,吨公里数最小的方案就是最优方案。但是,这样做太烦太费时。用线性规划理论,可以很快求得最优解。

根据本例题意,可写出下列线性方程:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} \leq 60$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \leq 35$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} \leq 40$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} \leq 22$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} \leq 45$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} \leq 20$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} \leq 18$$

$$x_{15} + x_{25} + x_{35} \leq 30$$

$$x_{ij} \geq 0$$

(即物资只能运入工地,而不允许作反方向运输)

上述线性方程组称为约束条件,有 15 个变量,而方程式仅有 8 个(实际上由于供应总量等于需要总量的条件,独立方程式只有 7 个),因此联立方程组有无数个解。但当确定了目标函数运输吨公里数为最小时,就得到了一个唯一的解,即最优解。

其目标函数为:

$$4x_{11} + x_{12} + 3x_{13} + 4x_{14} + 4x_{15} + 2x_{21} + 3x_{22} + 2x_{23} + 2x_{24} + 3x_{25} + 3x_{31} + 5x_{32} + 2x_{33} + 4x_{34} + 4x_{35} \Rightarrow \min$$

此为线性规划问题,可编制程序,用电子计算机算得:

$$x_{12} = 45, x_{15} = 15, x_{21} = 2, x_{24} = 18, x_{25} = 15, x_{31} = 20, x_{33} = 20$$

其它 $x_{ij} = 0$, 调运方案见表 6-10, 其吨公里数为 290。同上述两个方案比较, 节约运输费 10% 以上。

表 6-10 运输费用最小的方案

水泥仓库编号	调 运 方 案(运距 km/调配量 t)					各仓库水泥存量/t
	1号工地	2号工地	3号工地	4号工地	5号工地	
No.1	4/0	△1/45	3/0	4/0	△4/15	60
No.2	△2/2	3/0	2/0	△2/18	△3/15	35
No.3	△3/20	5/0	△2/20	4/0	4/0	40
各工地水泥需用量/t	22	45	20	18	30	135

第三节 建筑工地临时供水

在建筑工地上必须有足够的水量及水源,来满足生产、生活以及消防用水的需要。建筑工地临时供水的设计,包括确定用水量、水源选择、设计临时给水系统。

一、确定用水量

建筑工地的用水包括生产、生活和消防用水三个方面。其计算方法如下：

(一)一般施工用水 q_1

$$q_1 = \frac{1.1 \times \sum Q_1 N_1 K_1}{t \times 8 \times 3600} \quad (6-15)$$

式中 q_1 ——施工用水量(L/s)；

Q_1 ——最大年度(或季度、月季)工程量,可由总进度计划及主要工种工程量中求得；

N_1 ——各项工种工程的施工用水定额(表 6-11)；

K_1 ——每班用水不均衡系数(表 6-12)；

t ——与 Q_1 相应的工作延续时间(天数),按每天一班计；

1.1——未考虑到的用水量修正系数。

表 6-11 施工用水定额

序号	用水对象	单位	耗水量/L	备注	
1	灌注混凝土全部用水	m ³	1 700~2 400	实测数据	
2	搅拌普通混凝土	m ³	250		
3	搅拌轻质混凝土	m ³	300~350		
4	搅拌泡沫混凝土	m ³	300~400		
5	搅拌热混凝土	m ³	300~350		
6	混凝土养护(自然养护)	m ³	200~400		
7	混凝土养护(蒸汽养护)	m ³	500~700		
8	冲洗模板	m ²	5		
9	清洗搅拌机	台班	600		实测数据
10	人工冲洗石子	m ³	1 000		
11	机械冲洗石子	m ³	600		
12	洗砂	m ³	1 000		
13	砌砖工程全部用水	m ³	150~250		
14	砌石工程全部用水	m ³	50~80		
15	粉刷工程全部用水	m ³	30		
16	砌耐火砖砌体	m ³	100~150	包括砂浆搅拌	
17	烧砖	万块	2 000~2 500		
18	烧硅酸盐砌块	m ³	300~350	不包括调制用水 找平层同	
19	抹面	m ²	4~6		
20	楼地面	m ²	190		
21	搅拌砂浆	m ³	300		
22	石灰消化	t	3 000		

表 6-12 用水不均衡系数

用水对象	用水不均衡系数
------	---------

(三)生活用水 q_3

施工现场和生活福利区的生活用水应分别计算。

1. 施工现场的生活用水量按下式计算:

$$q_3 = \frac{1.1 \times P_1 N_3 K_3}{b \times 8 \times 3600} \quad (6-17)$$

式中 K_3 ——施工现场生活用水不均衡系数(表 6-12);

q_3 ——施工现场生活用水量(L/s);

P_1 ——施工现场高峰人数;

N_3 ——施工现场生活用水定额,通常采用 10L/(人·班);

b ——每天工作班数。

2. 生活区生活用水量按下式计算:

$$q_3 = \frac{1.1 \times P N_3 K_3}{24 \times 3600} \quad (6-18)$$

式中 q_3 ——生活区生活用水量(L/s);

P ——生活区居民人数;

N_3 ——生活区生活用水定额(表 6-14);

K_3 ——生活区用水不均衡系数(表 6-12)。

表 6-14 生活用水定额

序号	用水对象	单 位	耗水量 N_3 /L	备 注
1	全部生活用水	人·日	100~120	实测数据
2	盥洗饮用	人·日	20~40	开水 5L, 盥洗用热水 20~30L
3	食堂	人·日	10~20	
4	浴室(淋浴)	人·次	40~60	实测数据
5	淋浴带大池	人·次	50~60	实测数据
6	洗衣房	人	40~60	实测数据
7	理发室	人·次	10~25	实测数据
8	小学校	人	10~30	
9	幼儿园、托儿所	人	75~100	
10	医院	人	100~150	

3. 生活总用水量为:

$$q_3 = q_3 + q_3 \quad (6-19)$$

(四)消防用水 q_4

建筑工地消防用水量应根据工地大小,各种房屋、构筑物的结构性质和层数以及防火等级等确定。生活区消防用水量则根据居民人数确定,详见表 6-15。

表 6-15 消防用水定额

序号	用水对象	火灾同时发生次数	单位	耗水量
一	居住区消防用水			
1	5 000 人以内	一次	L/s	10
2	10 000 人以内	二次	L/s	10~15
3	25 000 人以内	二次	L/s	15~20
二	施工现场消防用水			
1	施工现场在 25 hm ² 以内	二次	L/s	10~15
2	每增加 25 hm ² 递增			5

(五) 总用水量计算

建筑工程总用水量并非生产、生活及消防三者用水之和,因为这三者的耗水在不同的时间发生,因此,在保证及时消灭火灾所应有的最小用水量的条件下,应分别按下列情况进行组合,取其较大值为计算依据。

1. 当 $q_1 + q_2 + q_3 < q_4$ 时,则

$$Q = q_4 + \frac{1}{2}(q_1 + q_2 + q_3)$$

2. 当 $q_1 + q_2 + q_3 \geq q_4$ 时,则

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 \quad \text{且} \quad Q \geq q_4 + \frac{1}{2}(q_1 + q_2 + q_3)$$

3. 当工地面积小于 5 hm²(公顷),而且 $q_1 + q_2 + q_3 < q_4$ 时,

$$Q = q_4$$

最后计算出的总供水量,尚应增加 10%,以考虑管网漏水的损失。

二、水源选择

临时供水的水源,可用已有的给水管道、地下水(井水、泉水)及地面水(河、湖、池等)。

(一) 水源的确定

1. 利用现成的城市给水或工业给水系统。此时需注意其供水能力能否满足最大用水量,如果不能满足,则可利用一部分作为生活用水,而生产用水则利用地面水或地下水,这样可减少或不建临时给水系统。

2. 在新开辟地区没有现成的给水系统时,应尽量先修建永久性的给水系统,至少是供水的外部中心设施,如水泵站、净化站、升压站以及主要干线等。但应注意某些类型的工业企业,在部分车间投产后,可能耗水量很大,不易同时满足施工用水和部分车间生产用水。因此,必须事先作出充分的估计,采取措施,以免影响施工用水。

3. 当没有现成的给水系统,而永久性给水系统又不能提前完成时,必须设立临时性给水系统。但是,临时给水系统的设计也应注意与永久性给水系统相适应,例如管网的布置可以利用永久性给水系统。

(二) 选择水源时需注意的问题

1. 水量问题

水量要能满足最大用水量的需要。

2. 水质问题

对于饮用水,应符合卫生要求。对于施工用水,侵蚀性物质的含量有一定的限制,如搅拌混凝土及灰浆用的水,二氧化碳含量不得大于 5 mg/L,硫酸盐含量不得大于 800 mg/L (详见“建筑安装施工及验收技术规范”)。用于蒸汽、运输、锅炉以及冷却机械之用水,不得含有大量固体悬浮杂质及对锅炉有侵蚀性之杂物,例如油质、游离酸及氯化镁、氯化钙等化合物。水的硬度对锅炉不得超过 25 度,对水管式锅炉不得大于 10 度,对汽车不得大于 15 度。对超过硬度和不符合卫生要求的水,应经软化及其它处理后,才允许使用。

3. 河水作水源时,应注意最高水位与最低水位的变化,冰层厚度,上游有无工业区、医院、住宅区等,其排出的污水是否有病菌污物。取水构筑物必须设置在水流通畅之处,应避免容易发生涡流之处,因该处易积污物杂质。

地下水较地面水清洁,可以直接用作生活用水,水面高低差变化较小。因此,不必设置复杂的取水构筑物,能就地吸取,不受河流等地形的限制,所以选择水源时,应尽量利用地下水。

对不同的水源方案,可从造价、劳动量消耗、物资消耗、竣工期限和维护费用等方面进行技术经济比较,作出最后的选择。

三、设计临时给水系统

临时给水系统包括取水设施、净水设施、贮水构筑物(水池、水塔、水箱)、配水管网的布置。现分述如下:

(一)取水设施

取水设施一般由进水装置、进水管及水泵组成。取水口距河底(或井底)一般为 250~900 mm,在冰层下部边缘的距离也不得小于 250 mm。给水工程所用的水泵有离心泵、隔膜泵及活塞泵三种,所选水泵要有足够的抽水能力和足够的扬程。水泵应具有的扬程按下式计算:

1. 将水送至水塔时的扬程

$$H_p = (Z_t - Z_p) + H_t + a + h + h_s \quad (6-20)$$

式中 H_p ——水泵所需的扬程(m);

Z_t ——水塔所处的地面标高(m);

Z_p ——水泵中心的标高(m);

H_t ——水塔高度(m);

a ——水塔的水箱高度(m);

h ——从水泵到水塔间的水头损失(m);

h_s ——水泵的吸水高度(m)。

水头损失包括沿程水头损失和局部水头损失,可用下式计算:

$$h = h_1 + h_2 \quad (6-21)$$

式中 h_1 ——沿程水头损失(m);

$$h_1 = iL \quad (6-22)$$

h_2 ——局部水头损失(m);

i ——单位管长水头损失(mm/m),根据流量和管径 d 查表 6-16 或表 6-17;

L ——计算管段长度(km)。

表 6-16 给水铸铁管计算表

序号	管径 d /mm	75		100		150		200		250	
		流量 $q/(L \cdot s^{-1})$	i	v	i	v	i	v	i	v	i
1	2	7.98	0.46	1.94	0.26						
2	4	28.4	0.93	6.69	0.52						
3	6	61.5	1.39	14	0.78	1.87	0.34				
4	8	109	1.86	23.9	1.04	3.14	0.46	0.765	0.26		
5	10	171	2.33	36.5	1.30	4.69	0.57	1.13	0.32		
6	12	246	2.76	52.6	1.56	6.55	0.69	1.58	0.39	0.529	0.25
7	14			71.6	1.82	8.71	0.80	2.08	0.45	0.692	0.29
8	16			93.5	2.08	11.1	0.92	2.64	0.51	0.886	0.33
9	18			118	2.34	13.9	1.03	3.28	0.58	1.09	0.37
10	20			146	2.60	16.9	1.15	3.97	0.64	1.32	0.41
11	22			177	2.86	20.2	1.26	4.73	0.71	1.57	0.45
12	24					24.1	1.38	5.56	0.77	1.83	0.49
13	26					28.3	1.49	6.64	0.84	2.12	0.53
14	28					32.8	1.61	7.38	0.90	2.42	0.57
15	30					37.7	1.72	8.4	0.96	2.72	0.62
16	32					42.8	1.84	9.46	1.03	3.09	0.66
17	34					48.4	1.95	10.6	1.09	3.45	0.70
18	36					54.2	2.06	11.8	1.16	3.83	0.74
19	38					60.4	2.18	13.0	1.22	4.23	0.78

注: v ——流速(m/s); i ——压力损失(m/km, 或 mm/m), 埋入地下一般用铸铁管。

实际工作中,局部水头损失一般不作详细计算,仅按沿程水头损失的 15%~20% 估算。
故水头损失可按下式计算:

$$h = (1.15 \sim 1.2) h_1$$

亦即
$$h = (1.15 \sim 1.2) iL \quad (6-23)$$

2. 将水直接送至用户时的扬程

$$H_p = (Z_y - Z_p) + H_y + h + h_s \quad (6-24)$$

式中 Z_y ——供水对象(即用户)最不利处之标高(m);

H_y ——供水对象(即用户)最不利处的自由水头,一般为 8~10 m。

其它符号意义同前。

根据水泵的总扬程 H_p (m)及最大设计用水量 Q (L/s),可用下式计算水泵的实际功率:

$$N = \frac{Q \cdot H_p}{75 \eta} \quad (\text{马力}, 1 \text{ 马力} = 735.5 \text{ W}) \quad (6-25)$$

式中 Q ——最大设计用水量(L/s);

H_p ——水泵所需扬程(m);

结构可采用砂或卵石等。据经验统计,如速度为 0.1~0.125 m/h,则 1 m² 池面每天能过滤清水 2.4~3 m³。一般用水如必须过滤,则取水量应大于计算用水量,一般增加 8.5%。

3. 消毒

水经过沉淀过滤,细菌尚不能除去,必须经过消毒才能饮用。消毒可通过氯化。临时性设施可以用漂白粉使水氯化,其用量参考表 6-18,氯化时间夏季 0.5 h,冬季 1~2 h。

表 6-18 消毒用漂白粉及漂白液用量参考表

水源及水质	不同消毒剂的用量	
	漂白粉(含有 25% 的有效氯)	1% 漂白粉液/(L·m ⁻³)
自流泉水, 纯净的水	-	-
河水、大河过滤水	4~6	0.4~0.6
大河大湖的天然水	8~12	0.6~1.2
透明井水和小河过滤水	6~8	0.6~0.8
浑浊井水和池水	12~20	1.2~2.0

(三) 贮水构筑物

贮水构筑物系指水池、水塔及水箱。水塔是用来供给管网中的水压及水泵停开时贮备消防用水之用。在临时给水系统中,只有在水泵不能继续工作时才设立贮水构筑物,其容量以每小时消防用水量来决定。但容量一般不小于 10~20 m³。

贮水构筑物的高度与供水范围、供水对象的位置及构筑物本身的位置有关。可用下式确定:

$$H_t = (Z_y - Z_t) + H_y + h \quad (6-26)$$

式中符号意义同前。

(四) 配水管网的布置

布置临时管网的原则是在保证满足各生产点、生活区及消防用水的要求下,管道铺设得越短越好。同时还应考虑在施工期间各段管网应具有移动的可能性。

临时管网的布置有下列三种形式:

1. 环状管网(图 6-4a);

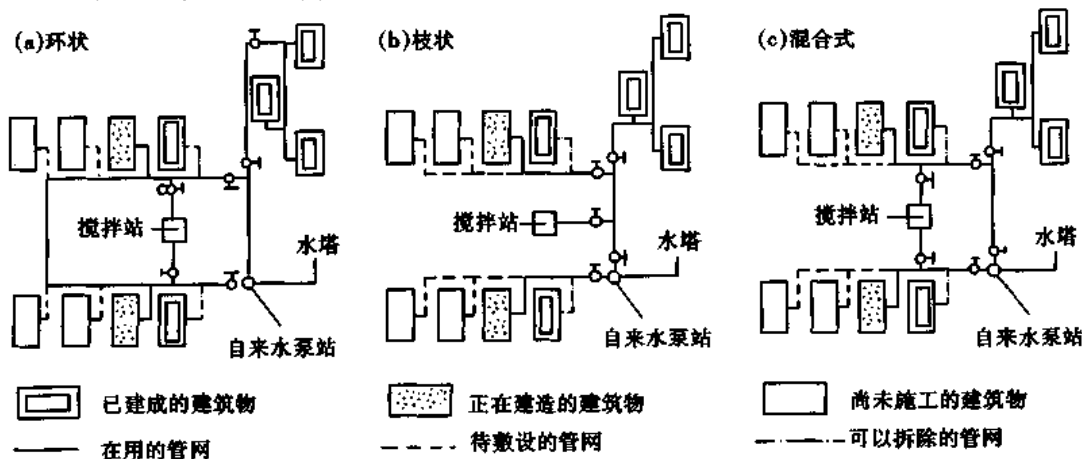


图 6-4 管网布置

2. 枝状管网(图 6-4b);

3. 混合式管网(图 6-4c)。

临时给水管网常采用枝状管网,因为这种管网管线短、造价低,但供水可靠性差,若在管网中某一点发生局部故障,则有断水之威胁。从保证连续供水的观点看,环状管网最可靠,但其管线长、造价高、管材消耗大。混合式可以兼有上述两种管网的优点,总管采用环状,支管采用枝状。这样对主要用水地点保证有可靠的供水条件,这一点对消防要求高的地区(例如木材加工区、易燃材料仓库、生活区等地区)尤为重要。

临时水管的铺设可用明管或暗管。一般用暗管较合适,它既不妨碍施工,又不影响运输工作。对于严寒地区及需过冬的水管应埋设在冰冻线以下,明管部分应考虑防寒保温的措施。在非严寒地区或工期较短的工程可考虑采用明管。临时管线不要布置在拟建的永久性建筑物或室外管沟处,以免这些项目开工时,切断了水源,影响施工用水。

水管管径,根据工地总用水量(流量)可按式计算:

$$D = \sqrt{\frac{4Q \cdot 1000}{\pi v}} \quad (6-27)$$

式中 D ——配水管直径(mm);

Q ——用水量(L/s);

v ——管网中的水流速度(m/s)(表 6-19);

π ——圆周率。

表 6-19 临时水管经济流速

序号	管道名称	流速/(m·s ⁻¹)	
		正常时间	消防时间
1	支管 $D < 100$ mm	2	
2	生产消防管道 $D = 100 \sim 200$ mm	1.3	>3.0
3	生产消防管道 $D > 300$ mm	1.5~1.7	2.5
4	生产用水管道 $D > 300$ mm	1.5~2.5	3.0

水管管径亦可用简明查表法确定。根据供水的用水量(流量)查表 6-19 规定的经济流速范围直接查表 6-16 或表 6-17 即可得出管径。

例如有一工地,各部分之用水量如图 6-5 中的数字,今需确定各管段之管径。

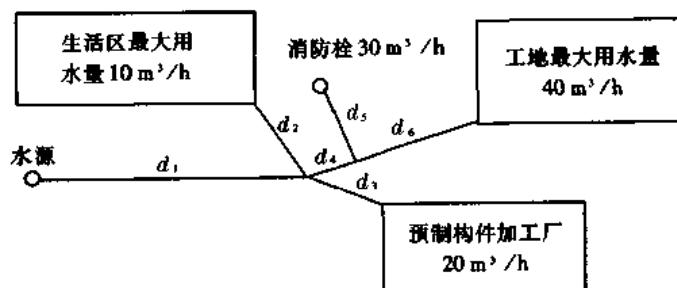


图 6-5 某工地用水情况

先求由水源通入建设区的总管 d_1 。通过总管的流量 q_1 包括生活区最大用水量、预制构件加工厂最大用水量、工地最大用水量三者之和之半再加上消防用水量。即

$$q_1 = \frac{10 + 20 + 40}{2} + 30 = 65 \text{ (m}^3/\text{h)} = 18 \text{ (L/s)}$$

查表 6-16, 得管径 $d_1 = 150 \text{ mm}$ 时, 流速为 1.03 m/s , 再查表 6-19, 1.03 m/s 小于经济流速 1.3 m/s , 满足要求。

求 d_2 。通过 d_2 之流量, 仅生活区的 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。因此 $q_2 = 10 \text{ m}^3/\text{h} = 2.77 \text{ L/s}$, 因流量较小, 可采用钢管, 查表 6-17 得 $d_2 = 50 \text{ mm}$ 时, $v \approx 1.3 \text{ m/s}$ 。小于经济流速 2 m/s , 可以。

求 d_4 。通过 d_4 之流量, 包括消防栓和工地最大用水量。即 $q_4 = 30 + \frac{40}{2} = 50 \text{ (m}^3/\text{h)} = 13.9 \text{ (L/s)}$ 。查表 6-16, 得 $d_4 = 100 \text{ mm}$, 其流速为 $1.82 \text{ m/s} < 2 \text{ m/s}$, 可以。

其余管径均可按上法求得。

第四节 建筑工地临时供电

随着建筑施工机械化程度的不断提高, 建筑工地上用电量越来越多。为了保证正常施工, 必须做好施工临时供电的设计。临时供电业务包括: ①用电量计算; ②电源的选择; ③变压器的确定; ④导线断面计算和配电线路布置。

一、用电量计算

建筑工地上临时供电, 包括施工用电及照明用电两方面。

(一) 施工用电

民用建筑的施工用电主要是指土建用电, 工业建筑则还应包括设备安装和部分设备运转用电(当永久性供电系统还未建成, 需利用临时供电系统时)。

施工用电量按下式计算:

$$P_c = K_1 \sum P_1 + \sum P_2 \quad (\text{kW}) \quad (6-28)$$

式中 P_c ——施工用电量(kW);

K_1 ——设备同时使用系数(当电动机在 10 台以下时, $K_1 = 0.75$, 10~30 台时, $K_1 = 0.7$, 30 台以上时, $K_1 = 0.60$);

P_1 ——各种机械设备的用电量(kW), 以整个施工阶段内的最大负荷为准, 根据施工进度计划算出同时用电的机械设备最高数量, 乘以相应机械设备电动机的功率(表 6-20)而得;

P_2 ——直接用于施工的用电量(kW), 如电热混凝土等, 其等于该工程的工程量乘以相应的用电功率。

(二) 照明用电

照明用电指施工现场及生活福利区的室内外照明用电。

照明用电量按下式计算:

$$P_0 = 1.10(K_2 \sum P_3 + K_3 \sum P_4) \quad (\text{kW}) \quad (6-29)$$

表 6-20 施工机械用电定额参考资料

机械名称	型 号	功率 /kW	机械名称	型 号	功率 /kW	
蛙式夯土机	HW-20	1.5	卷扬机	JJ2K-3	28	
	HW-60	2.8		JJ2K-5	40	
振动夯土机	HZ-380A	4		JJM-0.5	3	
振动沉桩机	北京 580 型	45		JJM-3	7.5	
	北京 601 型	45		JJM-5	11	
	广东 10 t	28		JJM-10	22	
	CF20	55	自落式混凝土 搅拌机	J ₁ -250(移动式)	5.5	
	DZ-4000 型(拔桩)	90		J ₂ -250(移动式)	5.5	
CZ-8000 型(沉桩)	90	J ₁ -400(移动式)		7.5		
螺旋钻孔机	LZ 型长螺旋钻	30		J-400A(移动式)	7.5	
	BZ-1 短螺旋钻	40		J ₁ -800(固定式)	17	
	ZK2250	22	强制式混凝土 搅拌机	J ₄ -375(移动式)	10	
螺旋式钻扩孔机	ZK120-1	13		J ₄ -1500(固定式)	55	
冲击式钻机	YKC-20C	20	混凝土搅拌站 (楼)	HZ-15	38.5	
	YKC-22M	20				
	YKC-30M	40	混凝土输送泵	HB-15	32.2	
塔式起重机	红旗 II-16(整体拖运)	19.5	混凝土喷射机 (回转式)	HPH ₆	7.5	
	QT 40(TQ 2-6)	48				
	TQ 60/80	55.5	混凝土喷射机 (罐式)	HPG ₄	3	
	TQ 90(自升式)	58				
	QT 100(自升式)	63.37	插入式振动器	HZ ₆ X-30(行星式)	1.1	
	法国 POTAIN 厂产 H5-56BSP(225 t·m)	150		HZ ₆ X-35(行星式)	1.1	
	法国 POTAIN 厂产 H5-56B(235 t·m)	137		HZ ₆ X-50(行星式)	1.1~1.5	
	法国 POTAIN 厂产 TO-PKIT FO/25(132 t·m)	60		HZ ₆ X-60(行星式)	1.1	
	法国 B.P.R 厂产 GTA 91-83(450 t·m)	160		HZ ₆ P-70A(偏心块式)	2.2	
	德国 PEINE 厂产 SK 280-055(307,314 t·m)	150	170	附着式振动器	PZ-50	0.5
					N-7	0.4
					HZ ₂ -4	0.5
	HZ ₂ -5	1.1				
	HZ ₂ -7	1.5				
	德国 PEINE 厂产 SK 560-05(675 t·m)	170	90	HZ ₂ -10	1.0	
HZ ₂ -20	2.2					
德国 PEINER Crane 厂产 TN 112(155 t·m)	90			混凝土振动台	HZ ₉ -1×2	7.5
		HZ ₉ -1.5×6	30			
		HZ ₉ -2.4×6.2	55			

续表 6-20

机械名称	型 号	功率 /kW	机械名称	型 号	功率 /kW
卷扬机	JJK 0.5	3	真空吸水机	HZJ-40	4
	JJK -0.5B	2.8		HZJ-60	4
	JJK -1A	7		改型泵 I 号	5.5
	JJK -5	40		改型泵 II 号	5.5
	JJZ -1	7.5		预应力拉伸机	ZB ₄ /500 型
	JJ2K -1	7	油泵	58M ₄ 型卧式双缸	1.7
预应力拉伸机 油泵	LYB -44型立式	2.2	墙围水磨石机	YM200 - 1	0.55
	ZB 10/500	10	地面磨光机	DM - 60	0.4
钢筋调直机	GJ ₄ - 14/4(TQ ₄ - 14)	2×4.5	套丝切管机	TQ - 3	1
	GJ ₆ - 8/4(TQ ₄ - 8)	5.5	电动液压弯管机	WYQ	1.1
	北京人民机器厂	5.5	电动弹涂机	DT120A	8
	数控钢筋调直切断机	2×2.2	液压升降台	YSF25 - 50	3
钢筋切断机	GJ ₅ - 40(QJ40)	7	泥浆泵	红星 - 30	30
	QJ ₅ - 40 - 1(QJ 40 - 1)	5.5	泥浆泵	红星 - 75	60
	GJ _{5Y} - 32(Q 32 - 1)	3	液压控制台	YKT - 36	7.5
钢筋弯曲机	GJ ₇ - 45(WJ 40 - 1)	2.8	自动控制自动 调平液压控制 台	YZKT - 56	11
	北京人民机器厂	2.21	静电触探车	ZTYT - 2	10
	四头弯筋机	3	混凝土沥青地 刮机	BC - D1	5.5
交流电焊机	BX ₃ - 120 - 1	9 ^①	小型砌块成型 机	G - 1	6.7
	BX ₃ - 300 - 2	23.4 ^①	载货电梯	JH ₅	7.5
交流电焊机	BX ₃ - 500 - 2	38.6 ^①	建筑施工外用 电梯	上海 76 - II (单)	11
	BX ₂ - 1000(BC - 1000)	76 ^①	木工电刨	MIB ₂ - 80/1	0.7
直流电焊机	AX ₁ - 165(AB - 165)	6	木压刨板机	MB1043	3
	AX ₄ - 300 - 1(AG - 300)	10	木工圆锯	MJ104	3
	AX - 320(AT - 320)	14	木工圆锯	MJ106	5.5
	AX ₅ - 500	26	木工圆锯	MJ114	3
	AX ₃ - 500(AG - 500)	26	脚踏截锯机	MJ217	7
	纸筋麻刀搅拌机	ZMB - 10	3	单面木工压刨床	MB103
灰浆泵	UB ₃	4	单面木工压刨床	MB103A	4
挤压式灰浆泵	UBJ ₂	2.2	单面木工压刨床	MB106	7.5
灰气联合泵	UB - 76 - 1	5.5	单面木工压刨床	MB104A	4
粉碎淋灰机	FL - 16	4	双面木工刨床	MB206A	4
单盘水磨石机	HM ₄	2.2	木工平刨床	MB503A	3
双盘水磨石机	HM ₄ - 1	3	木工平刨床	MB504A	3
侧式磨光机	CM ₂ - 1	1	普通木工车床	MCD616B	3
立面水磨石机	MQ - 1	1.65	单头直棒开榫机	MX2112	9.8
			灰浆搅拌机	UJ325	3
			灰浆搅拌机	UJ100	2.2

①为各持续工作的额定持续功率(kVA)。

- 式中 P_0 ——照明用电量(kW);
 1.10 ——用电不均匀系数;
 P_3 ——室内照明用电量(kW);
 P_4 ——室外照明用电量(kW);
 K_2 ——室内照明设备同时使用系数,一般用 0.8;
 K_3 ——室外照明设备同时使用系数,一般用 1.0。

施工用电比照明用电大得很多,一般施工用电约占总负荷的 80%~90%,照明用电仅占 10%~20%,因此,当照明用电计算有困难时,可按上述比例大致估算。

最大电力负荷量,是按施工用电量与照明用电量之和计算的。当单班制工作时,则不考虑照明用电,此时最大负荷量即等于施工用电量。

二、电源的选择

建筑工地用电的电源有以下几种:

1. 借用施工现场附近已有的变压器;
2. 利用附近电力网,设临时变电所和变压器;
3. 设置临时供电装置。

第 1 种方案是最经济、最方便的,第 2 种方案由于变电所受供电半径的限制,所以在大型工地上,需设若干个变电所,这样,当一处发生故障时,不致影响其它地区。当在 380/220 伏低压线路时,变电所供电半径为 300~700 m。高压时可查表 6-21。

根据施工现场的大小、用电设备使用期限的长短、使用量的多少和设备布置的情况选择电源的位置,一般应尽量设在用电设备最集中、负荷最大而输电距离最短的地方。电源的位置应有利于运输和安装工作,应避开有强烈振动之处和空气污秽之处。

表 6-21 电压与输送半径及输送容量的关系

序号	电压/kV	输送半径/km	每条线上的送电容量/kW
1	6	5	3 500
2	10	8	5 500
3	35	40	17 500

三、变压器的确定

变压器的功率按下式计算:

$$W = \frac{K \sum P}{\cos \varphi} (\text{kVA}) \quad (6-30)$$

- 式中 W ——变压器的容量(kVA);
 K ——功率损失系数,计算变电所容量时, $K=1.05$,计算临时发电站时, $K=1.10$;
 $\sum P$ ——变压器服务范围内的总用电量(kW);
 $\cos \varphi$ ——功率因数,一般采用 0.75。

根据计算所得容量,可从变压器产品目录中选用相近的变压器(见表 6-22)。

表 6-22 常用电力变压器性能表

	型 号	额定容量 /kVA	额定电压/kV		损耗/W		总重 /kg
			高 压	低 压	空 载	短 路	
1	SL ₁ -10/10	10	10;6.3;6	0.4	105	350	165
2	SL ₁ -20/10	20	10;6.3;6	0.4	180	590	225
3	SL ₁ -30/10	30	10;6.3;6	0.4	240	870	280
4	SL ₁ -40/10	40	10;6.3;6	0.4	290	990	345
5	SL ₁ -50/10	50	10;6.3;6	0.4	350	1 200	390
6	SL ₁ -63/10	63	10;6.3;6	0.4	390	1 400	450
7	SL ₁ -80/10	80	10;6.3;6	0.4	470	1 700	515
8	SL ₁ -100/10	100	10;6.3;6	0.4	540	2 100	590
9	SL ₁ -125/10	125	10;6.3;6	0.4	650	2 500	670
10	SL ₁ -160/10	160	10;6.3;6	0.4	770	3 000	805
11	SL ₁ -200/10	200	10;6.3;6	0.4	900	3 600	965
12	SL ₁ -250/10	250	10;6.3;6	0.4	1 060	4 300	1 090
13	SL ₁ -50/35	50	35	0.4	450	1 200	740
14	SL ₁ -100/35	100	35	0.4	650	2 500	955
15	SL ₁ -125/35	125	35	0.4	760	3 000	1 085
16	SL ₁ -160/35	160	35	0.4	920	3 600	1 320
17	SL ₁ -200/35	200	35	0.4	1 080	4 200	1 500
18	SL ₁ -250/35	250	35	0.4	1 250	4 950	1 690
19	SJL ₁ -20/10	20	10;6.3;6	0.4	119	596;576;588	200
20	SJL ₁ -30/10	30	10;6.3;6	0.4	156	832;805;823	255
21	SJL ₁ -40/10	40	10;6.3;6	0.4	182	972;952;976	300
22	SJL ₁ -50/10	50	10;6.3;6	0.4	222	1 128;1 098;1 120	340
23	SJL ₁ -63/10	63	10;6.3;6	0.4	256	1 390;1 342;1 380	425
24	SJL ₁ -80/10	80	10;6.3;6	0.4	305	1 730;1 670;1 715	475
25	SJL ₁ -100/10	100	10;6.3;6	0.4	349	2 060;1 985;2 040	565
26	SJL ₁ -125/10	125	10;6.3;6	0.4	419	2 430;2 325;2 370	680
27	SJL ₁ -160/10	160	10;6.3;6	0.4	479	2 855;2 860;2 925	810
28	SJL ₁ -200/10	200	10;6.3;6	0.4	577	3 660;3 530;3 610	940
29	SJL ₁ -250/10	250	10;6.3;6	0.4	676	4 075;4 060;4 150	1 080
30	SJL ₁ -50/35	50	35	0.4	299	1 150	800
31	SJL ₁ -100/35	100	35	0.4	428	2 500	1 055
32	SJL ₁ -160/35	160	35	0.4	588	3 600	1 280
33	SJL ₁ -160/35	160	35	10.5;6.3;3.15	635	3 830;3 825;3 790	1 450
34	SJL ₁ -200/35	200	35	10.5;6.3;3.15	756	4 400;4 414;4 374	1 670
35	SJL ₁ -250/35	250	35	0.4	790	4 850	1 650
36	SJL ₁ -250/35	250	35	10.5;6.3;3.15	875	4 990;4 920;4 950	1 870

四、导线断面计算和配电线路布置

(一)导线断面计算

导线的断面先根据电流强度进行选择,然后再用电压损失及力学强度进行校核。

1. 电流强度计算

三相四线制线路上的电流可按下式求得:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\varphi} \quad (6-31)$$

二线制线路可按下式计算:

$$I = \frac{P}{V\cos\varphi} \quad (6-32)$$

式中 I ——电流值(A);

P ——功率(W);

V ——电压(V);

$\cos\varphi$ ——功率因数,对临时线路取 0.75。

根据计算所得数字,可以查表 6-23 及表 6-24,选择导线断面面积。

表 6-23 橡皮或人造橡皮绝缘的铜线(BX 型及 BLX 型)明设在绝缘支柱上时的持续容许电流表(空气温度为 +25℃)

序号	导线标准 截面 /mm ²		导线的持续 容许电流 /A		熔丝的最大容许电流/A					
					企业生产部分和住宅 的动力线路接到个别 用户的干线和支线		照明线路接到个别用户的干线及支线			
	BX 型	BLX 型	BX 型	BLX 型	BX 型	BLX 型	BX 型	BLX 型	BX 型	BLX 型
1	1	-	15	-	15	-	15	-	10	-
2	1.5	-	20	-	25	-	20	-	15	-
3	2.5	25	27	12	30	25	25	20	20	15
4	4	4	36	20	40	30	35	25	25	20
5	6	6	46	27	50	40	50	35	35	25
6	10	10	68	47	80	60	80	50	50	40
7	16	16	92	70	100	80	100	60	60	60
8	25	25	123	97	125	100	125	100	100	80
9	35	35	152	117	160	125	160	125	125	100
10	50	50	192	148	225	160	200	125	160	125
11	70	70	242	187	260	225	250	160	200	160
12	95	95	292	226	350	260	300	225	225	200
13	120	120	342	265	350	300	350	260	260	225
14	150	150	392	304	430	350	400	300	300	260
15	185	185	450	351	500	430	430	350	350	300
16	240	240	532	417	-	500	500	400	430	350

表 6-24 橡皮或人造橡皮绝缘单芯铝线(BLX 型及 BX 型)敷设在同一管中时的持续容许电流表 (空气温度 + 25℃)

序号	导线标准截面 /mm ²		导线的持续容许电流/A						熔丝最大容许电流/A							
			二根导线		三根导线		四根导线		企业生产部分和住宅的动力线路				照明线路接到个别用户的干线和支线			
	BLX	BX	BLX	BX	BLX	BX	BLX	BX	接到个别用户的支线		干 线		企业生产部分		住宅、公共场所、企业办公室、仓库	
									BLX	BX	BLX	BX	BLX	BX	BLX	BX
1	-	1	-	14	-	13	-	12	-	40	-	20	-	10	-	10
2	-	1.5	-	17	-	15	-	14	-	45	-	25	-	15	-	10
3	2.5	2.5	12	24	12	22	12	20	50	60	20	35	15	20	10	15
4	4	4	20	34	20	31	20	27	80	100	30	45	25	30	20	25
5	6	6	27	41	27	37	27	34	80	100	30	60	25	35	20	25
6	10	10	47	57	43	53	35	47	125	160	50	80	40	60	30	45
7	16	16	58	77	55	70	50	63	160	200	60	100	60	80	45	60
8	25	25	78	100	70	91	62	32	200	260	80	125	80	100	60	80
9	35	35	94	121	86	111	77	100	260	300	100	160	80	100	60	80
10	50	50	129	165	117	151	104	135	350	430	125	225	125	160	100	125
11	70	70	156	201	144	184	127	166	430	500	160	360	125	160	125	160
12	95	95	189	245	172	223	154	200	500	700	200	350	160	225	160	160
13	120	120	230	280	209	255	177	230	600	800	225	350	200	260	160	200
14	150	150	245	319	231	302	-	-	700	-	260	430	225	300	200	225

2. 根据电压损失校核导线断面

导线的电压降不应超过表 6-25 规定的数值。导线断面选定后,根据电压损失用下述公式校核。

三相四线制线路
$$A = \frac{100 \sum P_1 L_1}{k V^2 e} \quad (6-33)$$

二线制线路
$$A = \frac{200 \sum P_1 L_1}{k V^2 e} \quad (6-34)$$

式中 A——导线断面面积(mm²);

P₁——各段线路之负荷(kW);

L₁——各段线路之长度(m);

k——导电系数,铝为 34.5,铜为 56,铁为 7.8;

V——电压(V);

e——最大容许电压损失,见表 6-25。

3. 根据力学强度校核导线断面

最后,根据力学强度允许的最小断面进行复核。当电杆间距为 25~40 m 时,导线允许的最小断面是:低压铝质线为 16 mm²;高压铝质线为 25 mm²。其它情况下的允许最小断面

见表 6-26。

表 6-25 供电线路部分容许电压降低的百分数

序号	线路名称	电压降百分数/%
1	输电线路	5~10
2	动力线路(工厂内部线路不在内)	5~6
3	照明线路(工厂或住宅内部线路不在内)	3~5
4	动力照明合用线路(工厂或住宅内部线路不在内)	4~6
5	户内动力线路	4~6
6	户内照明线路	1~3

表 6-26 导线按机械强度所允许的最小截面

序号	导线用途	导线最小截面/mm ²	
		铜线	铝线
1	照明装置用导线:户内用 户外用	0.5	2.5
		1.0	2.5
2	双芯软电线:用于吊灯 用于移动式生活用电设备	0.35	-
		0.5	-
3	多芯软电线及软电缆:用于移动式生产的用电设备	1.0	-
4	绝缘导线:用于固定架设在户内绝缘支持件上,其间距为: 2 m 及以下 6 m 及以下 25 m 及以下	1.0	2.5
		2.5	4
		4	10
5	裸导线:户内用 户外用	2.5	4
		6	10
6	绝缘导线:穿在管内 在槽板内	1.0	2.5
		1.0	2.5
7	绝缘导线:户外沿墙敷设 户外其它方式	2.5	4
		4	10

注:目前已生产小于 2.5 mm² 的 BBLX、BLX 型铝芯绝缘电线。

(二) 配电线路的布置

配电线路的布置与给水管网相似,亦是分为环状、枝状及混合式三种。其优缺点与给水管网相似。工地电力网,一般 3~10 kV 的高压线路采用环状;380/220 伏的低压线采用枝状。

为架设方便,并可保证电线的完整,以便重复使用,建筑工地上一般采用架空线路。在跨越主要道路时则应改用电缆。多半架空线装设在间距为 25~40 m 的木杆上,离道路路面或建筑物的距离不应小于 6 m,离铁路轨顶的距离不应小于 7.5 m。临时低压电缆,埋设于沟中,或者吊在电杆支承的钢索上,这种方式比较经济,但使用时应充分考虑到施工的安全。

第七章 施工组织设计示例

第一节 工业建筑施工组织总设计示例摘要

某大型钢铁联合企业炼铁厂工程施工组织总设计。

一、工程概况

1. 工程性质、规模和生产能力

本工程是从国外引进成套设备和技术的现代化工程,是近期我国冶金业特大型基本建设项目之一。

工程主体是一座容积为 $4\,063\text{ m}^3$ 的高炉,高度 113 m ,建成后可年产铁 300 万 t 。该高炉采用世界先进水平的新技术,具有规模大、技术新、效率高、能耗低、环保好等特点。根据工期定额,本工程建筑安装工期为 54 个月,于 1992 年 7 月开工, 1997 年 1 月投产。

2. 工程项目及实物量

本工程系统包括高炉本体及出铁场、热风炉、综合计器室、炉前原料输送、水渣设备、铸铁机室、给排水设施、通风除尘设备、鼓风机站及煤气余压发电装置等 16 个项目,总投资 8.5 亿元,建筑安装工作量 2.2 亿元。

3. 建设地区自然环境

本工程坐落于长江口区的冲积平原上,北临长江。原地面为水稻田,河汉交错,海拔标高约为 3.2 m ,地下水位几乎与地平面同高。地面下为黄褐色亚粘土、亚沙土,淤泥质亚粘土。冬季最低温度在 1 月,平均气温为 4°C ,主导风向为北到西北,春天多雨,夏天常有台风侵袭。

4. 工程结构及设备特点

本工程为典型的重工业基本建设工程,工程结构具有负荷重、断面大、分布密、技术高等特点,主要工程均采用钢管桩或混凝土桩支承,桩长 $40\sim 65\text{ m}$ 。厂房基础及设备基础均为钢筋混凝土结构,其中高炉本体及热风炉本体基础为大体积钢筋混凝土块体基础,作用在高炉基础上的荷载达 5 万余吨。厂房主要是钢结构,梁、柱用 H 型钢制造,用铝合金压型板作围护。其中,出铁场主跨跨度 30.25 m ,内设 110 t 桥式吊车 2 台;水处理及水渣、干渣系统等主要是钢筋混凝土构筑物。主要设备都采用大型高效设备,其中高炉本体及附属设备重达 1 万余吨,炉壳由 $32\sim 90\text{ mm}$ 厚的钢板拼焊而成,炉体框架独立于炉身,上设 12 层平台。整个系统采用电子计算机自动控制。

5. 外部施工条件

工地距市区约 25 km ,施工用水、电、道路的主干线均已完成。混凝土在工地采用进口

大型混凝土搅拌站集中搅拌;大型钢结构在外地结构厂制造,由水路运至专用码头;设备由国外成套供货;其它小型建筑构配件及工艺构件由市区供应或在工地自行制造。施工专用机械由工程建设指挥部提供,其它施工机械由施工单位自备。

二、施工总体部署

1. 施工总体部署的指导思想

本工程的总体规划是以系统工程理论为指导,以电子计算机辅助的网络计划技术为实施方法,以确保按合同规定的工期建成并谋求工程质量全优为目标进行部署的。规划过程中曾就以下五方面进行探讨:

(1)总结探讨我国引进和建设特大型高炉的经验与教训,研究各单元工程同步建设的条件。

(2)根据本单位以往在同类工程施工过程中的实际工耗情况和管理体制对工期的影响,分析实际劳动生产率水平。结合预算定额、劳动综合定额的数据,进行预测劳动力资源需要量的计算。

(3)尽可能减少临时设施费用,从合理、科学地利用资源角度出发,以新的技术手段对进度网络实施优化。

(4)考虑公用工程及辅助生产工程在资源条件允许时的开工期和总体规划的关系。

(5)探讨我国在改革、开放、搞活的方针下产生的政治经济体制对提高劳动生产率、加快施工进度的影响。

2. 高炉系统工程建设阶段的划分和主要专业工程间的搭接关系

本工程整个系统由 13 个单项工程组成,总施工周期 64 个月,其中建筑安装工期 54 个月。总工期分为两阶段:

第一阶段是施工准备阶段,从 1991 年 10 月到 1992 年 7 月共 10 个月。本阶段的任务是以确保总投资为 5 亿元的国家重点建设项目中各单项工程能同步投产为目标,做好高炉工程开工前以下六项准备工作:

(1)全面收集国内外有关特大型高炉建设的施工、技术、经济分析资料,尤其着重收集和当地同类工程建设时的规划方案与实施结果分析资料,并以其为基础,提出本高炉系统工程的各项管理方案和改革设想。

(2)迅速集结有规划、施工经验的人员,组成精干的施工方案编制班子。

(3)配合总体规划编制工作,做好施工力量、施工机具、技术条件的集结,调整与准备工作。

在施工力量的调整与平衡时,必须对劳动力资源的结构和数量进行分析。对华东地区能够动用的施工力量提出集结时间,按网络优化的结果,对各工种做出明确安排并纳入总进度的前期准备工作的最终实施网络中去。

在技术条件及施工手段分析方面,应在分析研究技术规范和技术标准的同时,综合研究本单位的具体条件与实施的可能性,制定出必要的补充规定和对策,以及新技术、新工艺开发要求等。

(4)按高炉总体施工规划,组织好辅助工程的施工,使总网络中规定的各单项工程,相互有机配合。要让各类大、中、小型专用工具的设计以及加工或实验均按各级网络规定的进度

按期完成。

(5)对工程中使用的—些专用器材、设备的品质应进行调研并制定使用标准和方法。例如对国产耐火砖的分级检验;对液压器件生产厂家产品质量的考察;对炉体钢结构制作质量、运输方法、安全保障的详细调研,并制定出可靠的实施方案等。

对前期工程所包括的三通—平,大型临时工程建设或施工用地的地基预处理(如打桩、换土、碾压等),都必须按总进度要求最迟不迟于1992年6月25日前全部做好。

(6)总结近年来探索对部分工程实行招标投标、承包责任制的经验,调整好工程管理与施工承包制下的信息传递体系,制定出切实可行的工程管理工作条例与考核标准并纳入合同,以确保高炉系统工程以全优的工程质量按期投入生产。

第二阶段是高炉建筑安装施工阶段。本阶段从1992年7月至1997年的元月,各专业高峰工期的搭接关系如表7-1。

表7-1 各专业施工单位高峰期工期搭接关系及专业用工汇总表

序号	施工单位		规划方案的 总耗工数 /工日	方案投入的 最高峰人数 /(人·月 ⁻¹)	高峰月情况		高峰月数占 总月数比例 /%
	名称	专业耗工占 总耗工比例 /%			高峰月区间	月数 /个	
1	土建—公司	11.97	149 149.5	627	开工后第 5~8个月	4	31
2	土建二公司	12.60	156 775	590	开工后第 4~6个月	9	73
3	机装公司	18.94	233 886	643	开工后第 13~21个月	8	42
4	电装公司	∴	∴	∴	∴	∴	∴
5	工安公司	∴	∴	∴	∴	∴	∴
6	筑炉公司	∴	∴	∴	∴	∴	∴

注:1.序号4~6数据略;

2.耗工总计为12 442 215(工日);

3.总工期54个月;

4.各专业合成高峰期人数1 808人;

5.高峰为开工后第5个月~第21个月,持续16个月。

在该阶段中土建基础工程的主体部分预计将在1993年第一季度基本结束。此后,结构安装、机械安装及电气安装将分别进入施工高峰,其中结构高峰将延续12个月,机装高峰延续8个月。高炉在开工后的第44个月全部完成主体设备的安装,直到第49个月(即1996年9月末)工程应结束除炉底炭砖耐火砌筑工程以外的全部结构、电气和机械安装工程,并作完占总量95%以上的单体设备调试。施工的最后阶段,1996年10月至1997年1月,为单系统试运转与无负荷综合试车期。在此期间,是以机械与电气专业为主,对各系统参数按设计程序和设计规定值调试,直至达到目标值为止。

高炉主体工程各专业施工搭接关系参见图7-1。

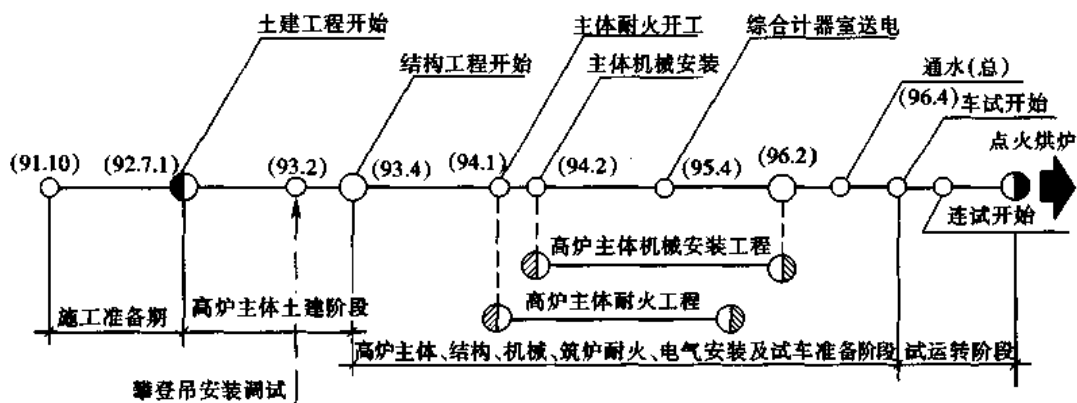


图 7-1 高炉主体专业工程关系

三、主要专业工程施工方案

(一) 土建工程施工方案

1. 土建施工的总体规划

本工程分成 8 个区域分片组织施工, 总体规划的原则是: 先主体后外围; 先地下后地上; 先基础后管网; 先深后浅; 管、沟同步。

2. 主要分部工程施工方案

1) 高炉本体基础工程

(1) 工程概况

本工程是国外设计的大体积钢筋混凝土块体基础。其下部为 37.75 m 见方、高 2 m 的大方脚, 底部标高 -4.5 m, 支承在 144 根 $\phi 914 \times 12$ 的钢管桩上; 中部是 2.5 m 高的四方棱台, 棱台顶面 20 m 见方, 标高 ± 0 , 棱台四角各有一个 4 m 见方的炉缸支座基础, 上部是直径 18.5 m、高 4.69 m 的圆柱体, 周围有水沟环绕; 此外还有十几个小基础与之相连。本体基础中心厚度达 9.19 m, 混凝土量达 6 140 m³, 基础底层设有 $\phi 32 @ 180 \sim 360$ 的 4 层双向布置的钢筋网, 上部沿基础外廓设有主筋为 $\phi 25$ 的钢筋网, 顶面是 $\phi 25 @ 300$ 双向布置钢筋网, 钢筋总量达 340 t。此外, 还有地脚螺栓 16.7 t, 各类支架 49.48 t。

(2) 施工阶段的划分

本工程混凝土是一次整体浇灌, 还是分成几次分层浇灌? 在国内没有同类工程的先例。在国外, 据有关资料, 前苏联有一次整体浇灌的例子; 日本则一般分成 4~5 层浇灌, 每层间隔约半个月。这两种方式各有利弊, 其比较见表 7-2。

表 7-2 分层浇灌与整体浇灌比较表

比 较 项 目	分 5 层浇灌	整 体 浇 灌
1. 基础整体性	稍差	好
2. 工期	长	短
3. 施工缝处理	大量	无
4. 对于裂缝控制	有利	不利
5. 施工用料(支架等)消耗	较少	量大

对于本工程来说,控制大体积混凝土的温度应力裂缝是保证工程质量的关键,是进行施工部署时首先要考虑的问题;其次,在满足裂缝控制要求的前提下,要考虑缩短工期的问题。因此,本工程混凝土采用分三次浇灌的方法:第一次浇灌大方脚,第二次浇灌四方棱台,第三次浇灌上部圆柱体。这样划分的方案,只有圆柱体部分厚度超过有关规范,但采取适当措施后,可以有效控制有害裂缝的产生;其它比较项目利弊居中,两道水平施工缝只要处理得当,对基础整体性无大影响。

为了防止圆柱体部分产生有害的温度应力裂缝,拟采取如下措施:

- ①选用低热水泥配制混凝土。
- ②减少水泥用量,采用下列措施:考虑到工期许可,利用 60 天后期强度(即适当降低混凝土标号)、掺减水剂、采用 5~40 连续级配骨料、控制坍落度不要太大、掺适量块石。
- ③浇灌时尽量降低混凝土入模温度,并采用薄层连续浇灌法,尽量使水化热散发。
- ④浇灌后采用适当保温措施,防止产生过大的内外温差(据计算内外温差不能超过 30℃)。
- ⑤采用级配骨料和减少其中的含泥量,提高混凝土的强度,利用钢筋及铁件的支架来作为抗裂配筋,以提高混凝土的抗裂性。

(3)土方工程施工方案的选择

本工程土方量较大,有三个开挖方案可供选择:

- ①按 1:2 放坡,采用单斗挖土机或铲运机开挖;
- ②采用钢板桩支护,用小型反铲开挖;
- ③不打钢板桩,采用轻型井点降水,按 1:0.75 放坡,用大型反铲开挖。三种方案比较见表 7-3。

表 7-3 挖土方案比较表

比较项目	方案①	方案②	方案③
挖方量/m ³	11 642	7 108	8 860
速度	快	慢	较快
降水面积	大	小	中
其它工作量	需开上下车道	打拔钢板桩 357t	无

根据本单位装备条件,以采用方案③为宜。

(4)混凝土浇灌方案选择

混凝土浇灌方案是本分部工程施工方案的核心内容。6 140 m³ 混凝土分三次浇灌,平均每次浇灌量超过 2 000 m³,有三种方案可供选择:

- ①吊罐方案——用 4 台臂长 50 m、吊距 20 m 以上、起吊能力在 40 t 以上的吊车,将从混凝土运输车卸到专用吊罐中的混凝土吊到基础中浇灌。
 - ②栈桥方案——在基础上架设钢结构栈桥,混凝土运输车直接开到栈桥上向基础上卸混凝土。
 - ③泵车方案——用专门的混凝土泵车浇灌。
- 三种方案比较见表 7-4。

表 7-4 混凝土浇灌方案比较表

比较项目	方案①	方案②	方案③
专用设备	40 t 吊车台	无	泵车 6 台
施工用料	钢材 30 t, 道木 600 根 (可回收)	钢结构 280 t(消耗 80 t), 混凝土 80 m ³	道木 600 根(可回收)
浇灌速度	慢	快	较快
费用	8.49 万元	35.52 万元	4.18 万元
准备工作量	较少	多	少
方便程度	较方便	不方便	方便
对混凝土要求	无特殊要求	无特殊要求	采用 5~40 级配骨 料, 坍落度 8~12 cm

本单位装备有从国外引进的混凝土泵车, 显然以采用方案③为宜。

2) 出铁场轻型围护结构工程

(1) 工程概况

出铁场位于高炉两侧, 南北对称, 屋脊标高 47.36 m, 两面檐口标高分别为 37.0 m 和 34.0 m, 屋面层次多, 坡度大 ($i=0.4$), 有气楼及台架穿插其间, 墙面凹凸不平, 设有一至两道有机玻璃采光壁。屋面共计 12 000 m³, 墙面 13 700 m²。

墙面及屋面均采用国产铝合金压型板, 具有轻质、高强、美观、防火、耐震和施工方便等特点。屋面板厚 $t=1.1$ mm, 平面尺寸有 34 种规格; 墙面板厚 0.5 mm, 平面尺寸有 70 种规格。

(2) 施工方案

① 屋面板吊运与安装

加工好的压型板运到现场后, 应用脚手架用钢管搭临时货架分层堆放, 货架层高以 400 mm 左右为宜; 不同种类压型板要分开堆放, 并用防雨布覆盖, 用铁丝绑紧, 以防积水、积灰, 影响外观, 并防止大风把压型板吹起以致扭曲变形。

压型板的垂直运输, 采用 50 t 履带式起重机或 80 t 胶轮汽车吊吊运。由于屋面板较长, 屋面坡度大, 为了防止吊运时压型板下滑及翻转翘曲等现象, 要使用专门设计的吊架, 通过调节吊绳长度, 使吊架坡度与屋面坡度相同, 以便于在屋面上安放及脱钩。为了节省机械台班, 可将一个区域的屋面板全部吊到屋架上分散安放以后, 再开始安装。

屋面板安装时, 先在山墙端部设立基准线。第一块板的安装质量将影响到后面一系列板的安装质量。第一块板的外边缘要与基准线重合, 以后每安装五块板, 检查一次, 及时纠偏。檐口处设通长的方木, 使檐口成一直线。

② 墙板安装

墙面板按墙筋间距预先在地面钻孔, 在屋檐钢结构构件处悬挂 0.5 t 滑轮, 用人工起吊就位。基准线设在山墙处。施工人员可使用小吊篮或直接站在墙筋上施工, 必须系好安全带以确保安全。墙面板的垂直度是安装质量的关键, 要经常检查、调整。

(二) 钢结构工程施工方案

本工程的钢结构工程施工总体安排是按高炉系统总体规划和总进度要求进行的。考虑到吊装作业时在平面或空间的相互影响, 分为铸铁机、鼓风机工程区, 原料受入区, 高炉、热

风炉区,水处理区,碾泥机与除尘工程区等五个工区组织施工。工程展开的原则是:先主体后辅助,保证工程同步投产;先难度大的项目,后难度小的项目,保证专业交叉顺利进行,工艺顺序合理,筑炉专业合理施工;在钢结构安装施工中当形象进度与产值矛盾时,应先形象后产值,确保总进度要求;采用分层作业、多工序流水方式组织吊装。

1. 高炉本体及重力除尘器施工方案

(1) 工程特点

高炉本体工程是整个炼铁单元工程的核心,其炉体与前后两个出铁场厂房毗连,左侧经热风炉热风总管通廊与四座大型热风炉相通,右侧有渣处理系统的两座冲渣排气塔;高炉的正前方通过高架皮带通廊与原料系统连接,右前侧布置有二次除尘系统、碾泥系统;在高炉与热风炉之间,设置可通达高炉七层平台的电梯供上下检修之用,高炉本体连同厂区管网及其它辅助生产设施,形成炼铁单元的整个生产系统。

本作业方案仅包括高炉本体,除尘器、电梯的结构部分和主要管道工程的施工。其主要特点是两高一,即

①高炉炉体安装标高较高。结构安装最顶部为放散管的顶端,其标高为 113.4 m。高炉炉身总高 50.17 m,炉壳由全焊接厚板在现场拼焊而成,由四根支柱组成的下底为 28 m×28 m、上口为 21 m×21 m 的炉体框架,加上 21 m×21 m 的炉顶框架,总高达 79.7 m。此外还有两根各长 48 m,安装于高达 74.2 m 炉顶框架上的重型吊车大梁。

②安装量大。本高炉整个炉体钢结构安装总量多达 6 144 t。除结构外还有非标准铸件和设备,总重约 781 t,以及分布在各层平台与炉身各部的煤气、氮气、空气、重油、冷却水等管道。

③技术难度高。高炉施工要求高,最突出的是炉身厚板焊接,其最大直径 17.3 m,最大壁厚达 90 mm,必须使用特别的焊接方法施焊才能保证质量。

(2) 施工组织

①专业分工:按照分工原则及在图纸会审时的施工配合纪要规定,高炉本体部分的三项工程共含钢结构 6 713 t,管道 24 300 m 及非标准设备 781 t,由结构安装单位承担。

高炉所有的电器设备、计器设备及仪表管线均由电计器安装单位调试。控制用中央计算机及可编程序逻辑控制器等,由计算机专业调试单位安装调整。高炉炉壳及有关部位,如上升管、下降管、热风围管,除尘器内耐火喷涂工程和耐火砌筑工程等则由筑炉单位负责施工。

施工炉底板以下部分及炉壳、管壁时,所需的锚固件及其配合条件,由筑炉单位提供资料及配合要求,交结构安装单位实施。

②运输供应:高炉本体及除尘器所含的钢结构构件和管材、配件等经验收后分项、分箱存放于设备构件中心堆置场,以便根据进度要求和安装顺序取运至现场。运输时,对其中超宽、起重超长的特大件,由设备供应部按要货申请单的要求,直接发到安装现场的规定地点。

高炉的电梯采用水运,从本工程专用的码头至现场,由结构安装单位负责卸船和自行装车。

为了搞好文明施工,堆放构件时必须与工序先后或平行交叉的计划密切配合,不得乱堆乱放,造成不必要的翻堆。

③进度安排与控制

根据总体方案的网络控制点要求,高炉本体结构安装工程开始后分阶段由筑炉专业单

位进场砌筑,结构施工单位应按时向机械设备安装单位交出炉顶吊车梁,供其安装炉顶吊车,交出炉口法兰,供机械专业队进行找正后安装炉顶设备。按网络计划完成全部本体结构的同时,应有步骤地按交叉作业、流水作业原则安排好本体钢结构以外的附属结构、管道阀门与涂漆装修等工程,并同步完成除尘器、电梯的施工安装。

为明确各阶段的施工内容,本方案的全部钢结构工程划分为四个阶段实施,具体内容如下:

第一阶段:完成总体方案的总平面分区内的场地平整工作,修建工具房、现场材料库房和 15 栋单层轻型活动房、现场办公室,按防火防爆、人身紧急避险安全要求自制部分活动钢板小房并开辟露天材料堆场,还要做好高低压供电与能源介质,通讯线路准备,安装攀登吊并进行运行调试。准备工作的最后阶段,要完成高炉构件上场安装的工程基础准备和有关技术标准、规范、方案等工程软件的准备和检查。对土建基础要进行复测、清理、定位,并做好垫平、找正工作使之达到所要求的精度。同时还要对结构安装的上场顺序、构件质量进行最终清点与检查,按安全保证体系的规定,认真做好安全施工的考核。最后,在吊装开始前还要进行一次全面质量大检查工作。

第二阶段:吊装高炉炉壳和安装框架分两步实施:第一步是完成炉底管梁、炉底、炉腹外壳以及下部框架、热风围管工程施工及第 1、第 2 层平台和炉底配管的施工安装;第二步再完成炉腰炉身的炉壳、炉喉及炉口法兰、上部框架及第 3 至第 7 层平台的有关附属结构安装找正,并完成第 1 至第 5 层平台上的局部配管和除尘器框架承台的地区组装工作。

第三阶段:完成炉顶框架、炉顶煤气主管安装并同步完成重力除尘器安装。这一阶段分为三步:首先要完成炉顶框架、吊车梁、上升管直段及第 8、9、10 层操作平台安装;第二步完成上升管各部分管段及下降管的上段,第 11、12 层平台,除尘器顶部导出管及电梯结构等;第三步完成下降管与重力除尘器的对接,以及其它附属结构等。

第四阶段是结构道工程收尾,配合系统试车运转调正阶段。分两步:第一步拆除攀登吊,配合机电安装单位完成单体调试;第二步完成工机具、材料、资料三清退场,并配合其它单位完成系统联合试运转。

(3) 施工方法

有以下 11 项内容:

- ①高炉炉底梁、板、下部框架安装施工;
- ②高炉下部炉壳的安装;
- ③高炉热风围管及风口等安装;
- ④上部炉壳的吊装;
- ⑤炉体上部框架的各层平台板等的安装;
- ⑥炉喉钢砖安装;
- ⑦热风围管安装;
- ⑧高炉本体管道安装;
- ⑨煤气重力除尘器安装;
- ⑩电梯结构安装;
- ⑪炉顶框架及炉顶吊车梁安装。

图 7-2 为炉顶框架及炉顶吊车悬臂梁安装示意图。

图 7-3 为炉顶框架安装顺序图。

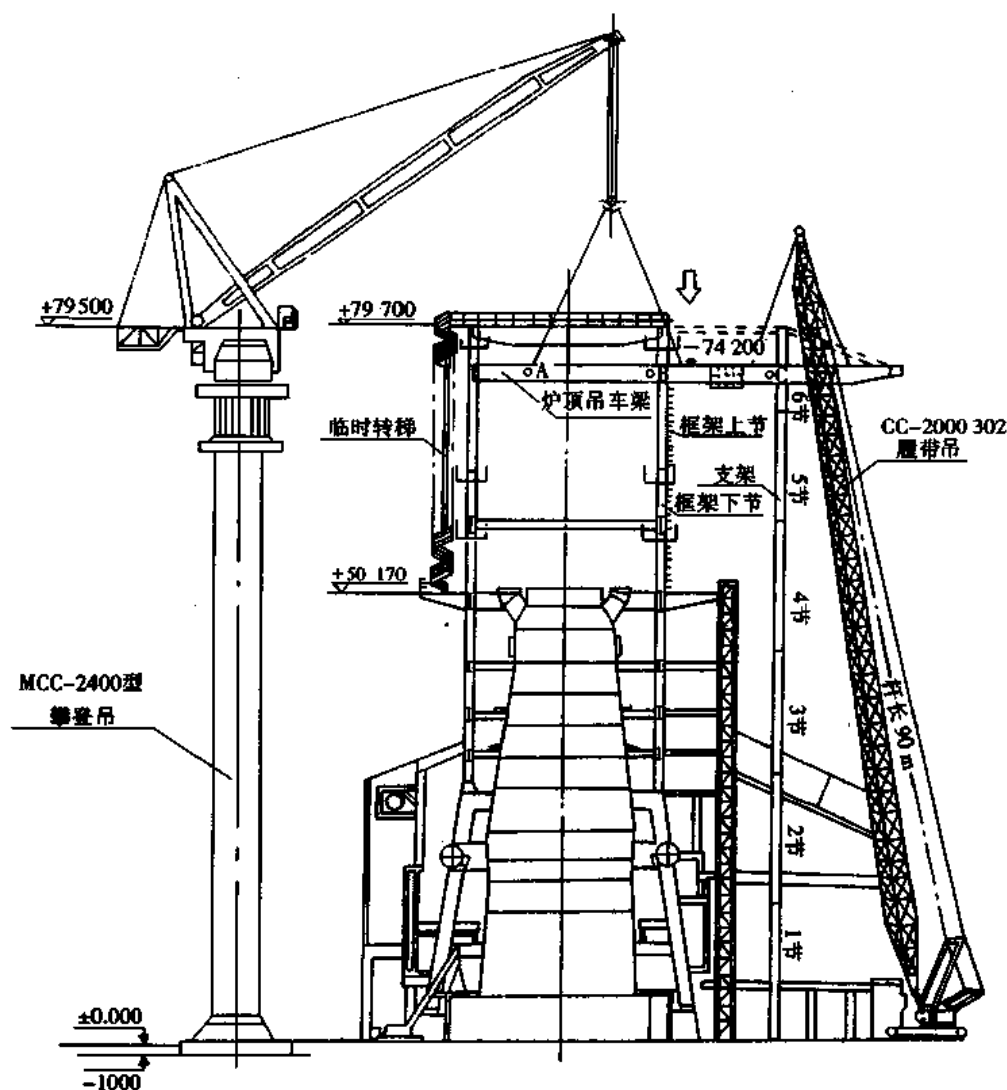


图 7-2 炉顶框架及炉顶吊车悬臂梁安装示意图

2. 出铁场厂房结构安装方案

1) 工程概述

本工程高炉出铁场共两个,分别位于高炉主体的南北两侧。

出铁场总长为 158 m,柱距从 12.5 m 至 17.1 m 不等,总建筑面积 8 649 m²。

出铁场的主柱列为双肢柱并带有上部小钢柱,其总高达 37 m,最重的单柱重 26 t。

出铁场主跨厂房屋架为三角形双坡,屋架顶部标高为 43 m,屋面檐高 37 m,副跨及偏跨为单坡屋面,屋面檐高 25 m。主跨、副跨设有纵向天窗及横向天窗,最重的屋架总重达 29 t。

出铁场屋面及墙皮部分为铝合金波状压型材料,墙皮的波形板靠专用扣件及轻型檩条和墙体骨架檩条固定。

出铁场全部钢结构安装量约为 3 000 t。厂房在构造上不仅有一端与高炉框架毗邻相连,而且还有多处与电梯平台及耐火工程施工时的塔架及操作平台相连。

出铁场的钢结构由金属结构厂制作,按施工网络进度的要求经水运送至工地。厂房结

构及出铁场平台结构的墙皮、屋面与基础,由土建专业公司施工。钢结构及出铁场平台上的预制混凝土板由结构安装公司安装。

2) 方案内容

(1) 进度控制

本工程的施工进度,系根据高炉单元工程的一级网络所规定的进度要求,结合结构安装施工工艺顺序和资源的可能性安排的。整个出铁场的施工共划分为以下几个施工阶段:

①工程准备阶段。结构吊装前,对施工现场进行平整。对前期打桩时的超标高桩,经测定后切除超标部分并运出现场;主要的结构安装设备、机具和材料,均要安放布置好;对炉体基础和框架在安装前应进行清理、复测,并将复测数据与设计规定的有关数据对照检查;对已确认合格的基础,配置好坐浆垫板,同时按需要使吊车和构件按施工次序进场,排放在确定的地段。

②从北出铁场厂房开始安装全部厂房柱子以及边跨在内的全部结构和吊车梁。

③安装高炉本体东西两侧区域内的结构和该区偏跨内的全部结构以及外部除尘管道。

④安装北部和南部出铁场的全部出铁场平台下的集尘系统,及其结构和上部的钢筋混凝土预制板,在上述工序完成后,最后安装出铁场上部的除尘幕和其它有关设施。

⑤安装北场区及南场区的压型板墙皮、挡雨棚和单轨吊车,并完成结构安装工程的收尾工作。在完成结构安装的同时,应分区分段按网络计划移交筑炉专业上场施工。

(2) 施工方法

①为使北出铁场厂房结构较早完成,为原料运廊的最后一节安装创造条件,保证机装、电装早日上场,整个出铁场厂房吊装先从北出铁场开始,厂房柱及吊车梁采用单件预排放流水作业,屋架系统则使用分节间组合安装法吊装就位。柱及柱间支撑和吊车梁使用 136 t 胶轮吊车吊装。

出铁场使用的是变截面钢柱,吊装时将柱子分上下两段安装。柱子上段重 7 t,下段重 19 t,因它位于 60 t 攀登吊作业半径以内,可以用该吊车起吊。凡在攀登吊作业区内的梁、柱,原则上均可利用攀登吊安装。在编制具体实施进度计划时,应安排好吊车工作班次。

安装厂房柱、支撑系统和吊车梁时,使用 50 t 履带吊车,其工作臂长取 37 m,跨距 9 m 时,起重量不多于 12.55 t。凡超出 50 t 履带吊在上述工作状态下的起重能力时,除采用分段安装外,还应将 50 t 吊车的吊臂仰角增大使吊距减至 8 m,这时该吊车最大起重能力可增

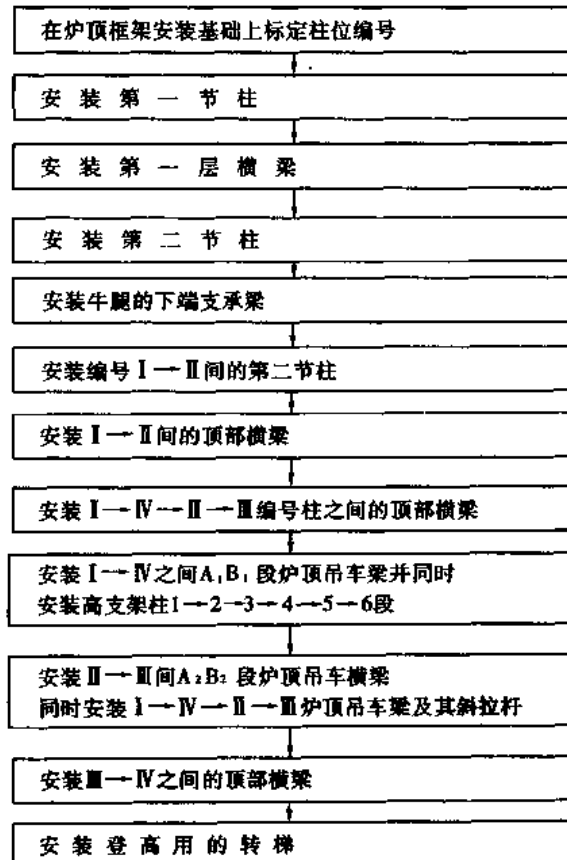


图 7-3 炉顶框架安装顺序图

至 14.9 t,已能满足安装柱的要求。

②安装屋架系统时采用 136 t 胶轮吊机安装,其型号可选主杆长 57 m 以上,跨距 15 m 以下。安装小型结构件可在主杆上加装副杆起吊。吊装时的走行方向与吊装厂房柱子时的起、止位置的移动线路相同。当攀登吊的使用频度和起重能力允许时,亦可考虑使用 60 t 攀登吊进行安装。

③对北出铁场及南出铁场的副跨屋架安装,选用 50 t 履带起重机,以主杆 10 m 跨距 43 m 杆长安装重量 ≤ 9.55 t 的屋面梁系统;以最大跨距 24 m 安装重量 ≤ 2 t 的支撑系统及天窗架和檩条等构件,走行方向同主跨。

对高炉东西两侧结构安装方法是,以 60 t 攀登吊配合主体框架及机械设备就位的顺序进行。对维护结构,均采用 50 t 履带起重机以 43 m 主杆,加接 15.25 m 副杆进行安装。

④对南、北出铁场厂房东侧边跨及该跨内包括出铁场平台的梁柱等结构,均采用一台 50 t 履带吊,亦可用 23 t 胶轮吊以 30.48 m 主杆另加 9.15 m 副杆进行安装。

⑤对北侧与南侧出铁场边跨以及所含的出铁场操作平台梁、柱在内的厂房屋盖系统与墙皮维护结构,凡在 60 t 攀登吊作业半径以内的均采用攀登吊安装为主,在其作业半径以外的则采用 50 t 履带吊,用 46 m 主杆,17 m 跨距可吊装 ≤ 48 t 的各类支撑和墙皮组合构件。

⑥对高炉南北两侧厂房内出铁场的平台梁板和预制混凝土板,以及凡在 110 t 桥式吊车作业区内的各类管道与集尘设备,均采用 110 t 桥吊安装,副跨内上述工程则以位于南北两侧副跨内的两台 35 t 桥式吊车完成。位于以上 4 台桥式吊车作业范围之外的除尘设备和管道则以机动吊具或卷扬机、导链完成吊装作业。

⑦对于南北出铁场厂房的墙皮抗风桁架,以及消防安全梯走台的安装,均采用 50 t 履带吊机以 46 m 主杆安装。

⑧厂房外部的除尘系统以及炉顶煤气放散滑轮操作平台,采用 60 t 攀登吊或 50 t 履带吊安装。主厂房外侧的挡雨棚则全部使用轻型吊机,如 15 t 履带吊或 23 t 胶轮吊安装。

(3)主要施工机具

本方案所涉及的大型吊装机械型号及数量见表 7-5。

表 7-5 出铁场厂房及平台结构安装所用大型机械一览表

序号	机械名称	数量/台	作业内容
1	60TMCC-2400	1	出铁场厂房柱梁及屋架
2	136 t 胶轮吊	1	出铁场厂房柱梁及屋架
3	50 t 履带吊	2	出铁场副跨及边跨结构构件堆放和倒运
4	15~28 t 履带吊	1	吊装边跨结构及挡雨结构
5	110 t 桥吊	2	吊装出铁场主跨平台结构及上下集尘设施
6	35 t 桥吊	2	吊装出铁场副跨平台结构及上下集尘设施
7	30 马力(即 22 kW)卷扬机	2	辅助吊装构件

四、施工总进度计划

(一)高炉系统工程双代号一级网络计划(见图 7-4)

图中箭杆下括号内数据即该活动的持续时间,单位为月。图中双线所示为关键线路。图中节点内的编号均为三位数,其中百位数字为三级项目名称代码。

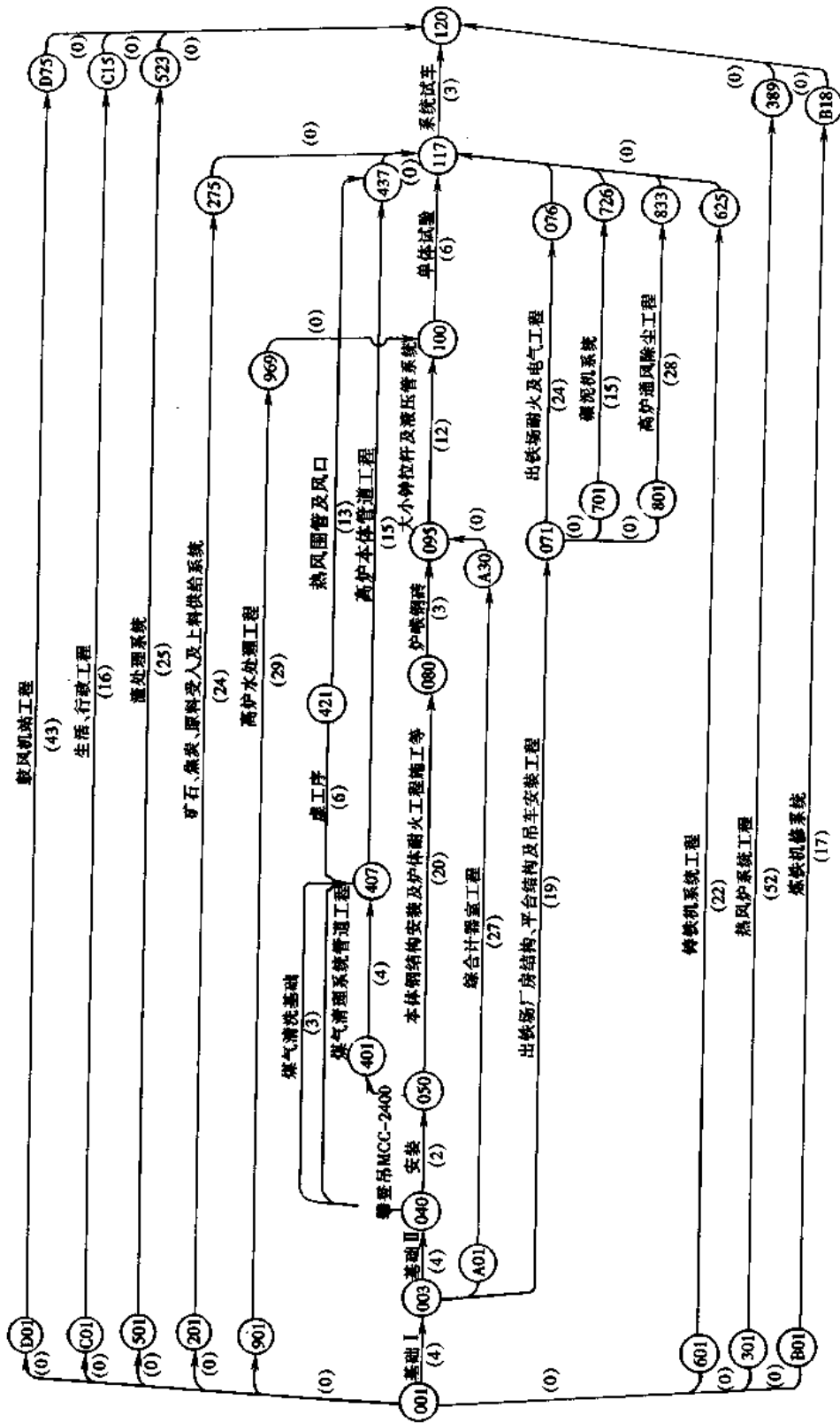


图 7-4 高炉系统工程双代号一级网络计划

(二)高炉本体工程双代号二级网络计划(见图 7-5)

该二级网络是上述一级网络中节点编号的百位数为“0”和“1”所属的工程项目。由此可见,图 7-4 的一级网络可分十余个二级网络(节点中的百位数除 0 至 9 以外尚有 A、B、C、D 等)。

图 7-5 中每一个箭杆(活动)可编制一个网络计划,即称为三级网络。

五、资源用量计划

(一)高炉工程人力资源总需要量平均图(见图 7-6)

该图根据网络计划电算绘制。图中虚线为人力贮备控制线。

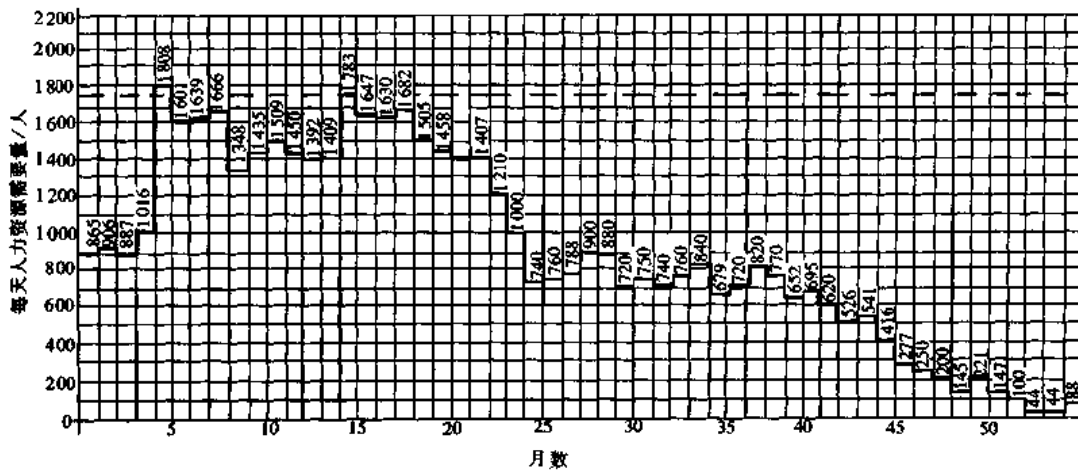


图 7-6 高炉工程人力资源总需要量平衡图

(二)高炉工程混凝土平衡图(见图 7-7)

本工程的混凝土工程总量为 87 000 m³。图中直方图为按年度平衡的数量。

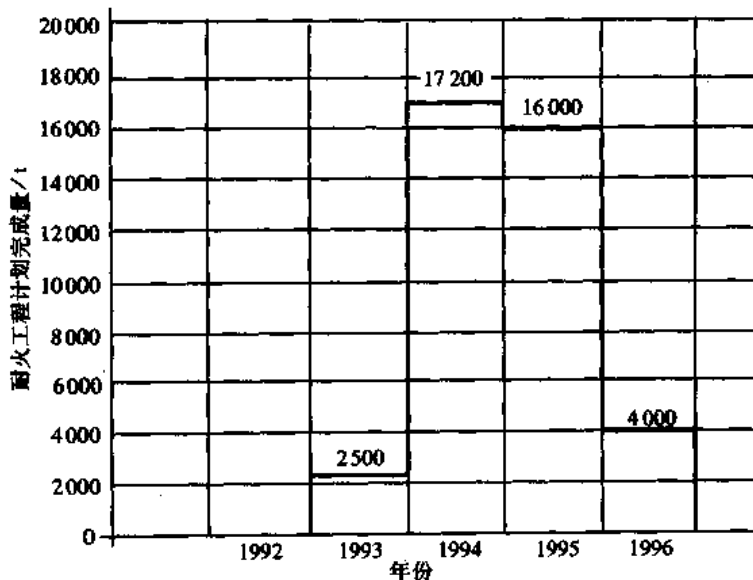


图 7-7 高炉工程混凝土平衡图

(三)高炉耐火工程材料用量平衡图(见图 7-8)

本工程耐火材料使用量为 39 700 t,图中直方图为按年度用量平衡后绘制。

(四)高炉工程钢结构施工平衡图(见图 7-9)

本工程钢结构工程总量为 26 900 t,内含工艺钢结构及建筑钢结构。

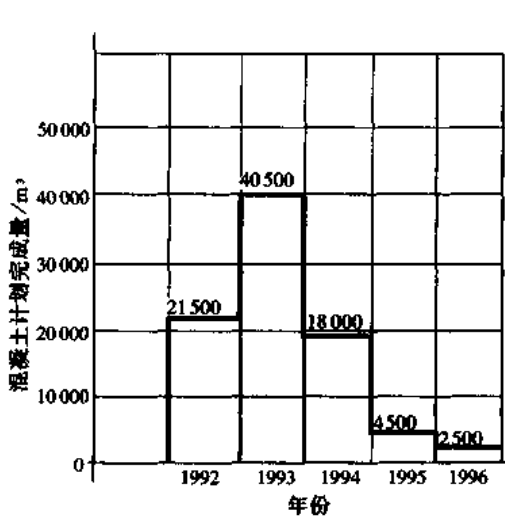


图 7-8 高炉耐火工程材料用量平衡图

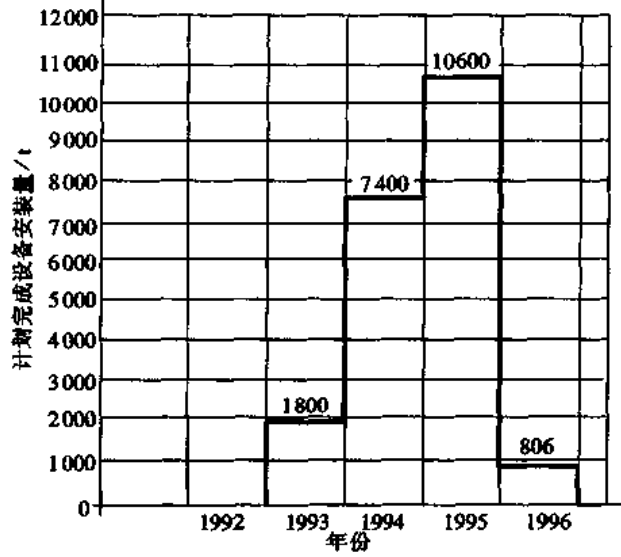


图 7-9 高炉工程钢结构施工平衡图

(五)高炉工程设备安装平衡图(见图 7-10)

本工程机械设备安装总量为 20 606 t。

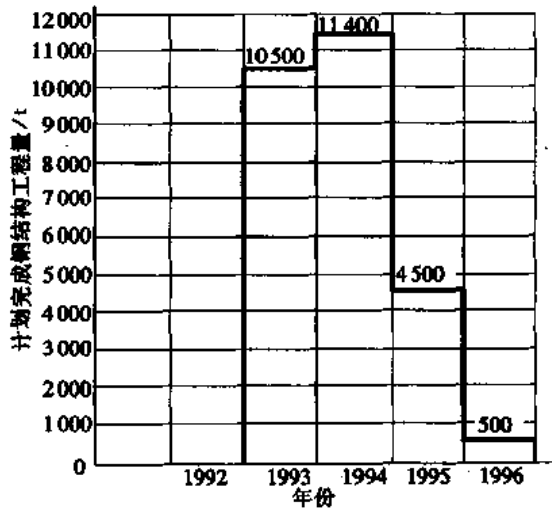


图 7-10 高炉工程设备安装平衡图

(六)高炉工程施工用电、用水量预测图(见图7-11)

图中数据不包括试车用电及准备期的水电消耗。

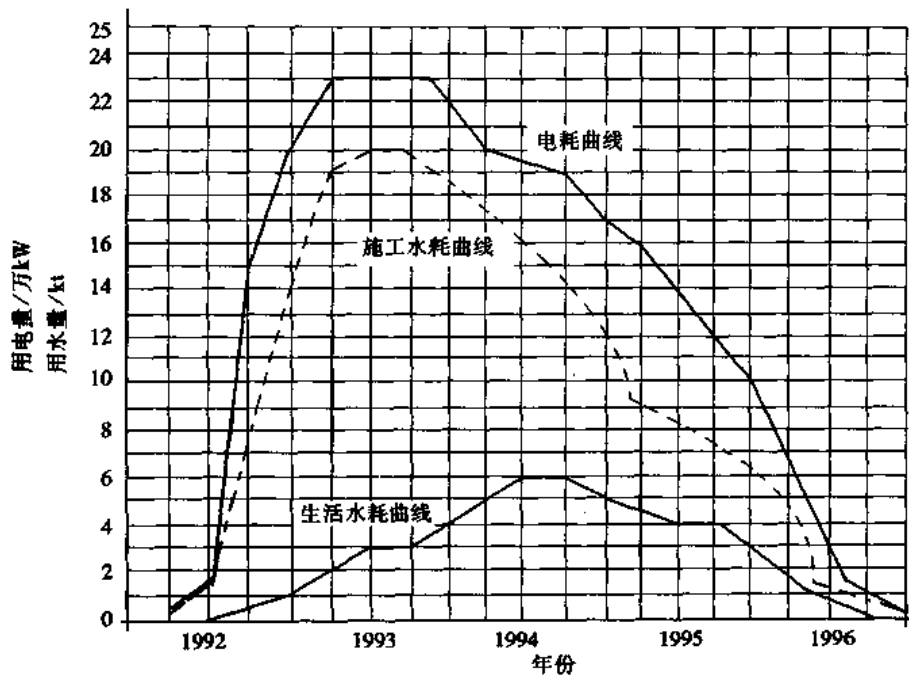


图7-11 高炉工程施工用电、用水量预测图

六、施工总平面图

1. 本高炉工程之总平面统一由二级项目协调部规划管理,各三级项目负责人必须在规划的专业施工单位所用地区内安排施工平面,送三级项目平面图情报协调部批准备案,未经批准的设施一经发现一律拆除。

图7-12所示为高炉各单位施工用地划分图。表7-6所列各单位使用场地分配编号、面积及启用时间。其中⑤、⑥号用地,需在电缆沟施工完成后,才能使用。

2. 各单位一律不准建造永久或半永久性建筑,施工区内平面管理要做到整齐、清洁,建筑物、构筑物布置应尽可能做到有规则排列。

3. 各三级项目区的小型临时设施搭建,应尽可能照顾到测量的通视要求,并必须上报小区内公用水电、通讯线路布置图及竣工图。

4. 为便于日后绿化工程的进行,各单位的用地区内应尽可能少用碎石或铺筑水泥地。

5. 高炉区内(本体周围)原则上不允许设置堆场和仓库,确有必要的应在完成小区布置后专题上报协调部审批,明确进场、退出日期。

6. 高炉区施工供电分别由新1号变电所、新3号变电所及9号变电所提供。新1号变电所装750 kVA变压器1台,对原料区以外工程施工供电;新3号变电所装变压器5台,总容量3200 kVA,主要对热风炉、高炉及水处理系统供电;9号变电所设1台750 kVA变压器,主要对原料矿槽、除尘和上料运廊的施工安装供电。供电线路及变电所设置详见图7-13。表7-7为变电所供电时间及各路低压线长度和使用时间表。

7. 高炉区道路、供水、排水布置详见图7-14、图7-15。

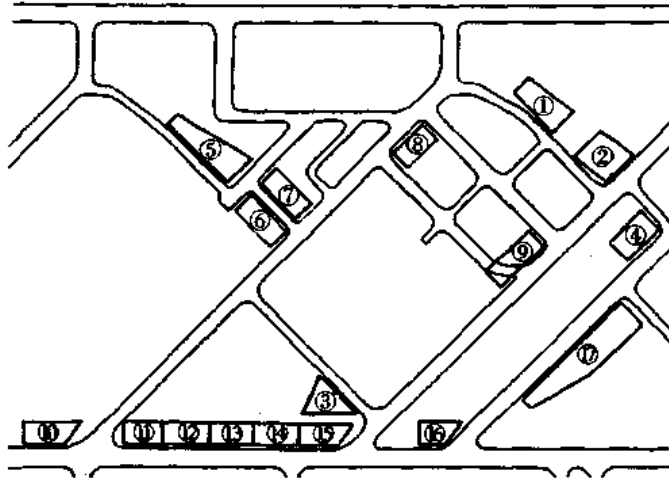


图 7-12 高炉各单位施工用地划分图

表 7-6 高炉各单位使用场地分配表

编号	面积/m ²	使用单位	启用时间	编号	面积/m ²	使用单位	启用时间
①	600	工安	92.6	⑩	400	筑炉	92.10
②	750	工安	92.6	⑪	400	工安	92.10
③	800	三公司	92.10	⑫	400	电装	92.10
④	1000	三公司	92.6	⑬	400	机装	92.10
⑤	2000	五公司	92.10	⑭	400	五公司	92.10
⑥	1000	五公司	93.4	⑮	400	三公司	92.10
⑦	1000	工安	93.1	⑯	400	二级项目	92.10
⑧	750	电装	93.1	⑰	3500	施工机动占地	92.10
⑨	750	机装	93.1				

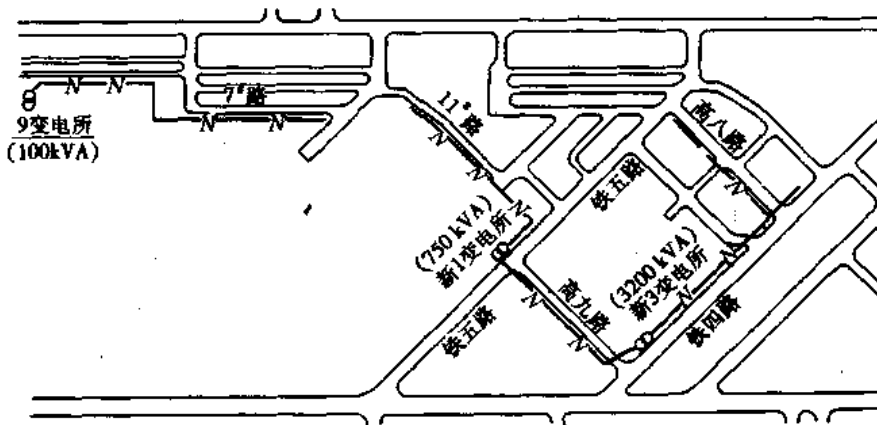


图 7-13 高炉系统施工用电线路及变电所平面布置图

表 7-7 高炉施工用变电所及低压线使用时间表

项 目	变 压 器 容 量	低 压 线 估 算 长 度	使 用 时 间
9号变电所	100 kVA		1991年10月
新1号变电所	750 kVA		1991年11月
新3号变电所	1000×2+320×2 +560×1=3200kVA		1992年8月
高九路低压		200 m	1992年12月
11号路低压		190 m	1992年7月
7号路低压		450 m	1992年6月
高八路低压		160 m	1993年2月
铁四路低压		250 m	1992年12月
铁五路低压		100 m	1992年12月

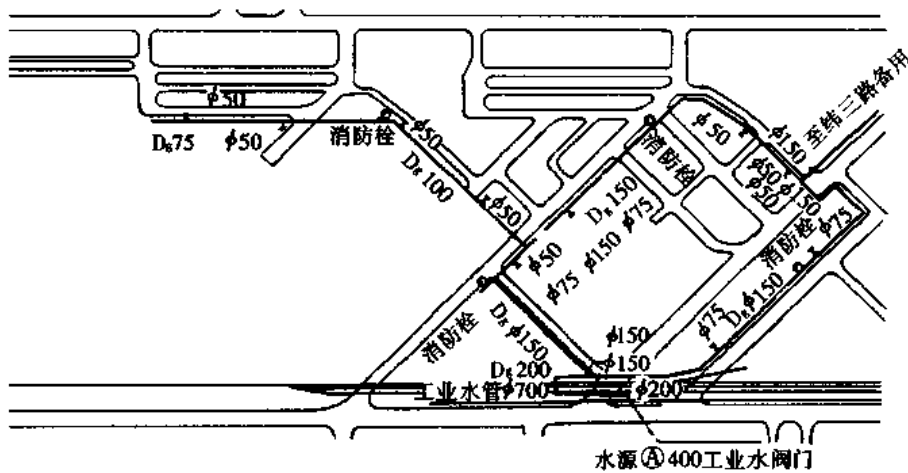


图 7-14 高炉工程施工供水平面布置图

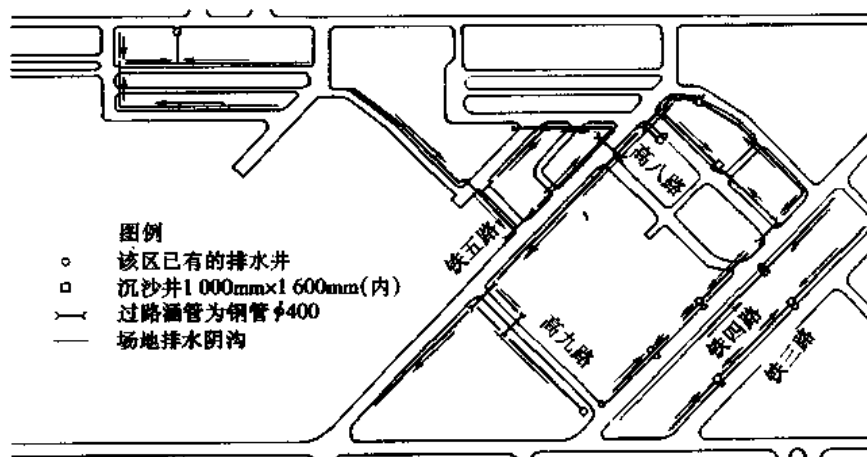


图 7-15 高炉工程施工排水平面布置图

七、技术组织措施

(一) 施工组织措施

由于施工及进度管理是全面质量管理的重要组成部分,关系紧密。在高炉系统工程中,主要采取了以下三项施工组织措施:

1. 实施两级管理下的三级项目负责人制

两级管理是一级项目为一级,二级项目为一级。高炉系统属二级项目,设置管理协调部。

三级项目负责人制,是指高炉系统下属的各单项工程,如高炉原料系统、高炉本体系统、热风炉系统等,每单项由一人至几人的管理承包组负责。三级项目负责人需对二级项目的管理协调部就工程的安全、质量与形象进度、工程成本以合同形式全面负责,并在合同规定的范围内,享有对工程控制以及采取必要的技术、经济措施等自主权,包括签署横向协作合同,以及经济上的奖惩和分配等。

协调部应对各级项目负责人提供工程实施准备期及开工后有关各类文件资料和随机信息,指导施工准备阶段所有三级项目各项控制计划的编制,以及与一级、二级网络编制时的协调工作。

三级项目负责人有义务及时准备回答协调部关于单项工程信息的随机咨询,按合同规定以计算机向协调部提供常规统计数据、工程分析及对策报告。

2. 采取网络计划前锋线技术对工程作随机分析

本工程的一级、二级、三级网络均采用双代号网络,为了便于使用前锋线管理技术,网络均按最早开工的前提条件绘制为双代号时标网络,并在网络上注明各级网络的里程碑事件,然后使用前锋线技术对工程的进展状况和发展趋势进行分析预测。

3. 使用计算机对网络的各项参数及主要资源实施随机检查和调整

本工程在三级项目以下采用袖珍型便携式计算机担负不大于 200 个箭线的网络时间参数的计算,并确定其关键线路;也可使用此类计算机同时完成约 100 个箭线的双代号网络时间参数计算,确定关键线路和对含有 6 个专业、54 项以上工程实物量与劳动综合定额的单项工程,实施劳动力资源分析与优化。

(二) 施工质量措施

本工程的质量控制以全优工程的考核指标为工程管理目标,实施全面质量管理。

1. 对应于各单项工程的关键工序和关键部位加强 QC 小组活动的指导并及时总结经验加以推广。

2. 制定创全优规划。要求三级编号的工程(单项工程)优良率 85%,四级编号的分项工程达到 90%,争取全优率达到或超过 70%。创全优工程领导小组由各三级项目承包负责人为当然组长,并具体组织其下属担负综合管理的脱产和非脱产职能人员付诸实施,并同时 will 工程创全优的动态与数据信息纳入正常统计业务,传递给二级项目协调部。高炉工程全优工程的质量保证体系如图 7-16 所示。

3. 由协调部组织制定和发布有关各专业制作、安装工程施工的质量检查标准

(1) 高炉钢结构预组装标准。

(2) 高炉钢结构加工制作质量标准。

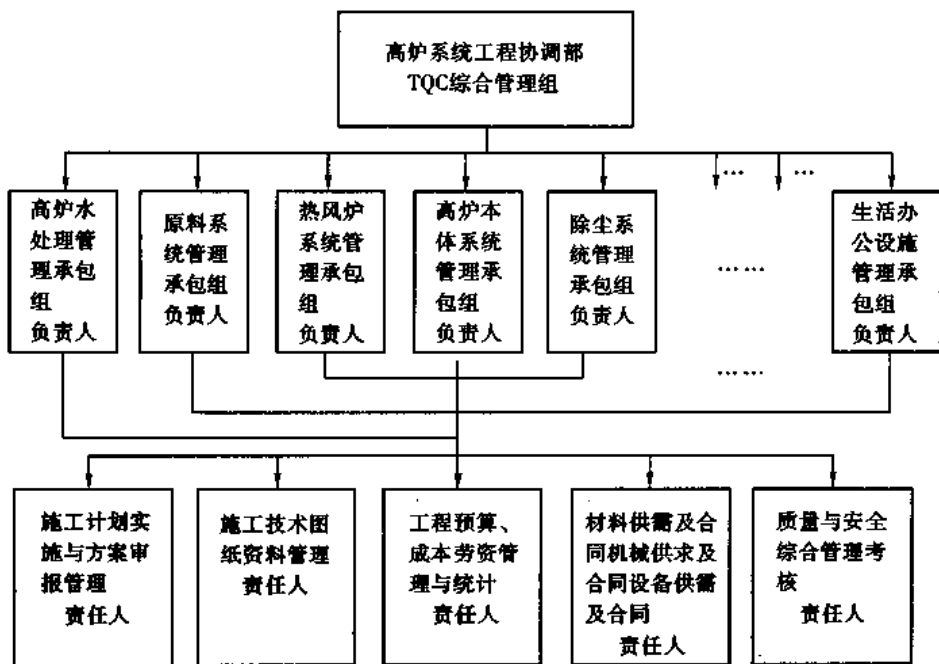


图 7-16 高炉全优工程的质量保证体系

(3)焊接质量检验标准。

(4)测量控制精度要求、其它专业工程的通用技术要求及专项规定条文。

以上各项标准与要求主要依照冶金工业部《冶金机械设备安装工程施工及验收规范》为准。在编制炼铁建安施工通用技术标准时应符合 YBT120-83《冶金机械设备安装工程施工及验收规范通用规定》；在制作安装高炉的工艺钢结构时，除应遵守上述规范、规定的要求外，还应符合 GBJ205-83《钢结构工程施工及验收规范》、GBJ1263-83《现场工业管道焊接工程施工及验收规范》、GBJ235-82《工业管道工程施工及验收规范》的规定。

(三)安全措施及文明生产

本高炉系特大型高炉，安装最高点达 113.4 m，且在施工时为多层次、多工种、多工序交叉作业，具有高空作业时间长、空间狭窄、施工难度大等特点，再加上作业时使用的电焊、气焊、电气预热及照明装备的功耗大，易燃易爆的介质乙炔、丙烷要在现场大量使用，管路交错，不安全因素十分突出。因此生产指挥及参建各类人员均应自觉遵守安全规定，各层施工管理人员亦必须经常进行督导。

(1)关于安全生产的规定

本工程的安全保证体系如图 7-17。

(2)安全注意事项

①严格执行各项安全法规，坚持安全第一、预防为主，消灭死亡事故，消灭重大火灾及交通和设备事故，将千人负伤率控制在 0.5 以下。

②加强技术安全教育，凡属危险地区和危险性质的作业（如高空、高温、易燃、易爆、有毒以及安装中危及人身安全的作业内容）均必须编制专门的安全施工防护方案，在报请上级安全专职负责人审批后方可施工。此外，对安全方案的实施和检查亦应纳入考核范围。

③二级项目办理部的安全检查专职人员，对安全保证体系中各责任人的工作负有督导

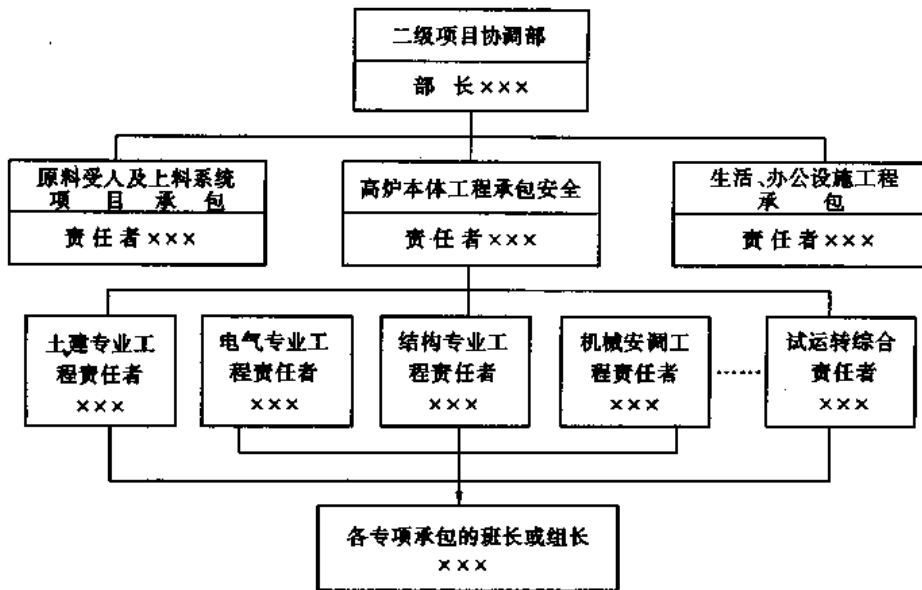


图 7-17 安全保证体系图

职责,在紧急情况下,安全保证体系中各层次责任者有权作出立即停工待命的指令,待排除不安全因素后再恢复施工。

(3)文明生产

文明生产也是安全生产不可缺少的部分,是避免高空坠物及地面尖刺伤害、提高劳动效率、保证施工质量的重要措施,为确保文明施工,特规定如下:

①现场按二级项目协调部划分各三级项目的文明生产地域,在三级项目文明生产地域内的分工由各三级项目承包责任者划分考核。

②文明现场的基本标准按照道路是否畅通,材料、设备、机械是否按施工需要进场,并且堆置整齐;施工余料及各类包装弃置物品是否及时清理回收,专地存放;是否遵守二级项目协调部关于平面使用的管理,各类大小临时设施及场地按照划定的地点搭建、堆置;各专业施工项目是否做到工完三清(工完料清、尾清、资料清)以及礼貌待人,与建设、设计和制造厂家的现场工作人员协作互助。

第二节 高层公寓群体工程施工组织总设计示例

一、工程概况

(一)工程建设概况

本工程为一公寓小区,由九栋高层公寓和整套服务用房组成,建筑面积 160 000 m²,占地 48 000 m²,工程总造价 9 500 万元。九栋公寓呈环形布置,中央是一座拥有 600 车位的大型地下车库,由人行通道与各公寓地下室衔接。为公寓服务的用房尚有热力变电站、餐厅、幼儿园、物业管理办公楼、传达室、花房、垃圾站等,其平面布置见图 7-18。

主要建筑物和构筑物见表 7-8。

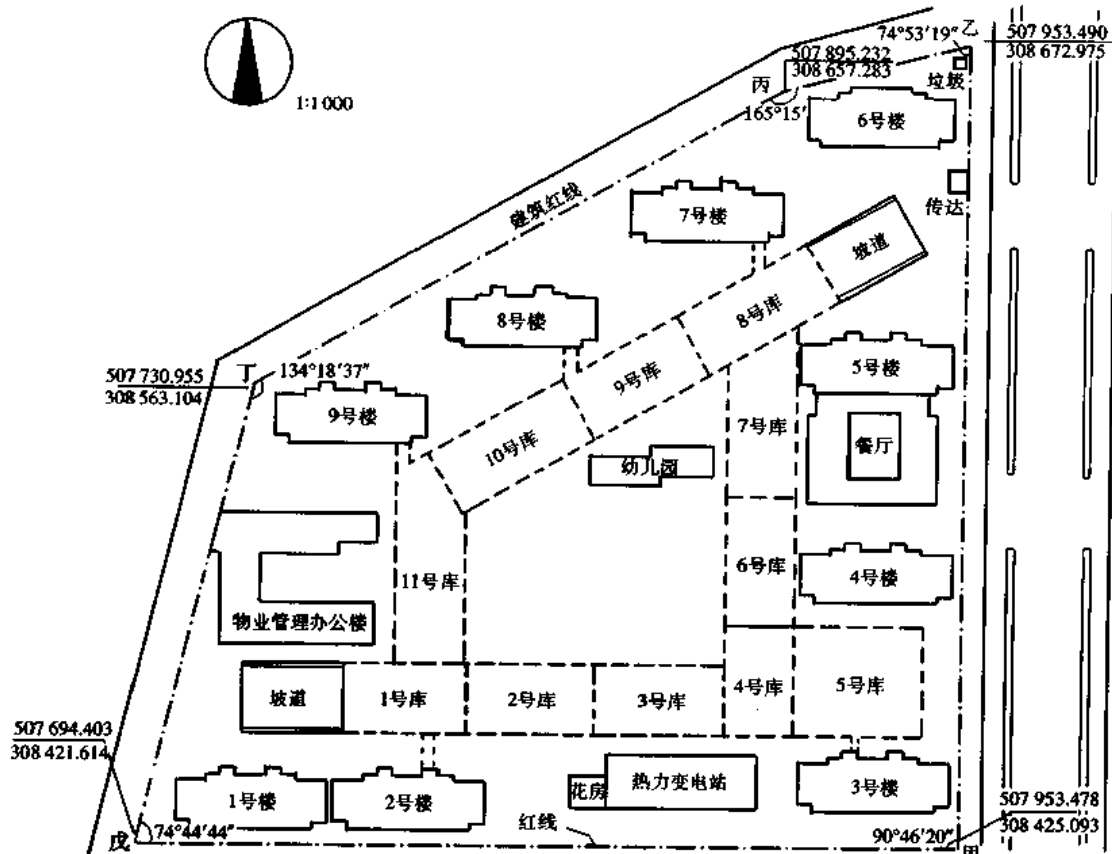


图 7-18 公寓小区总平面图

表 7-8 主要建筑物和构筑物

序号	工程名称	层数	单株面积 /m ²	结构特征
1	地下车库	3	21 000	现浇
2	3号楼	15	14 000	外板内模
3	7号、8号、9号楼	15	14 000	外板内模
4	1号、2号、4号楼	15	14 000	外板内模
5	5号楼	15	14 000	外板内模
6	6号楼	15	14 000	外板内模
7	餐厅	2		混合结构
8	热力变电站	3		混合结构
9	物业管理办公楼	4		混合结构
10	花房	1		混合结构
11	传达室	1		混合结构
12	幼儿园	2		混合结构
13	垃圾站	1		混合结构
14	外线			

(二) 工程设计概况

1. 建筑设计情况

本工程车库全部埋设在地下,由11座车库组成,共3层,底标高 -11.00 m ,全高 7.8 m 。上两层供存车使用,最下层为防水架空层。车库宽 20.5 m ,每座车库长约 40 m ,全长 530 m 。车库迎水面的墙、板为C25自防水密实混凝土。库内设备除照明、电话、广播系统外,尚有电视监测、感烟报警和自动灭火等现代化设施。

九栋公寓均正南正北布置,除6号楼为南入口外,其余均为北入口,公寓的建筑形式及构造大致相同,以3号楼为基本形式,其它只改变地下室通往车库的出口及标准层局部布置。

公寓 ± 0.00 相当于绝对标高 42.00 m ,地下3层,分别为人防、地下室及设备层。地上17层,15层以下为客房,16层为设备层,17层为机房水箱间。标准层层高 3.2 m ,建筑物总高 55.20 m 。房间开间尺寸为 5.0 m 和 4.2 m ,进深为 7.2 m 和 6.6 m ,共10个开间,南面有 18 m 宽暖廊,北面有两个 2.7 m 宽楼梯间,建筑物总宽 18.6 m ,总长 47.4 m ,每层面积约 300 m^2 。

室内装修为中档偏高等级。卧室、起居室、餐厅为可赛银涂料墙面,预制磨石子地面;卫生间为瓷砖墙面、马赛克地面,顶棚除起居室苯球、卫生间石棉板吊顶外,其余均为抹白灰喷浆。外墙饰面大部为白色马赛克,楼梯间外墙粘石渣、窗套刷涂料,门头、台阶为剁斧石。

2. 结构设计情况

地下车库为全现浇钢筋混凝土结构,顶盖为无柱帽的无梁楼盖,每个库间设有伸缩缝。

结构抗震烈度按8度设防,深埋天然地基、箱形基础,基底标高 -11.00 m 。上部结构形式为大模板剪力墙体系,外纵墙为预制轻混凝土墙板,山墙为复合墙(外层 18 cm 厚预制墙板,内层加 22 cm 厚现浇层),楼板为 6 cm 预应力钢筋混凝土薄板加 10 cm 厚现浇叠合层。楼梯段为预制,休息板现浇。

3. 设备情况

采暖分两个系统。第1~8层为低压双管,8层以上高压双管。生活用水1~3层由市政供应,第4~15层由屋顶水箱供给,第17层设高位热水箱。

室外管线:污水、煤气、热力与小区东侧干线连接,由热力变电站送出的热力(暖气、热水)管线敷设在车库一层顶板下,经地下车库供给各公寓。生活用水分东西两个进口。雨水管分两个出口排至滨河市政管网。

(三) 施工条件

1. 由于小区工程量大,设计单位分期出图,承接任务时仅有建筑总平面图和地下车库施工图,编制本方案时已有3号楼施工图。

2. 施工场地情况

(1) 拟建场地征地已解决,但有部分占地未腾清,民房拆迁难度较大。

(2) 根据建设单位提供的情况,红线内地下无障碍物;现场东西两侧均有上水干管并已留截门,可接施工用水;现场东北角有 560 kVA 变压器一台,西南角有高压电源,可引入施工用电。

(3) 小区建筑面积 16 万 m^2 ,占地面积 4.8 万 m^2 ,施工用地为 $1:0.3$,且工程基础深,放坡大,多栋号同时施工,施工用地比较紧张,原可用作暂设房的物业管理办公楼、幼儿园等又未出图,不能先期施工。

(4) 主要材料、设备、劳动力已初步落实,构件及一般加工制品已有安排。但塔吊需求量

较大,尚须解决。

二、施工部署

本工程为多栋号群体工程,工期较长,为更快形成社会效益,上级要求9栋公寓分期交付使用,即每年竣工3栋。根据这一要求,一套大模板的劳动组织,每年安排3栋高层建筑流水作业的综合效果较好。因此,总的施工部署以每年完成3栋公寓为一周期,适当安排配套工程,做到年计划与长远计划相适应,搞好工程协作,分期分批配套地组织施工。

(一)施工组织

根据每个土建施工队有基本劳动力600人,每年能完成20000m²的能力,决定由一个施工队承担这一任务,适当增加外包工力量,组织大中队,以提高劳动效率。水电、油漆由专业队配合,其它专业项目委托协作单位完成(见表7-9)。为加强施工管理,成立现场工作组,解决材料、劳动力的调配,扫除技术障碍及加强总分包单位的协作等问题。

表7-9 分包(协作)单位一览表

分包(协作)单位	分 工 项 目
本市机械施工公司	机械挖土
本市设备安装公司	电梯、动力电
本市煤气热力公司	煤气、热力管线
本市市政建设公司	上、下水干线
本公司混凝土构件厂	预制混凝土构件
本公司机械处	机械吊装
本公司混凝土搅拌站	商品混凝土

(二)施工安排

本工程应根据上级要求,定额经济指标及实际力量,积极地、科学地组织施工。首先要安排好公寓个体工程的工期,以基础工程控制在5个月左右,主体工程控制在6个月左右为宜,装修工程、水电设备工程采取提前插入、交叉作业等综合措施,以缩短工期。装修安排11个月左右完成,单栋控制工期为22个月左右,比定额工期(32个月)提前10个月。在栋号流水中,也要组织平行流水、交叉作业,充分利用时间、空间。配套工程项目应同时安排,相互衔接。

施工总部署分4个阶段,总工期控制4.5年。

第一阶段:地下车库(21000m²),第1年度4月~第2年度12月。

用房(此时将7号、8号、9号楼位置上的暂设拆除),作为最后交工栋号。

第四阶段:9号、8号、7号楼(14 000 m²/栋),第3年度4月~第5年度10月。

此三栋的开工顺序根据其地基上的暂设房拆除的条件来决定,计划先拆除混凝土搅拌站、操作棚,后拆除仓库、办公室,故开工栋号的顺序为9号→8号→7号。此外,餐厅、幼儿园、花房、垃圾站等工程可作为调剂劳动力的部分,以达到均衡施工的目的。

室外管线由于出图较晚,不可能完全做到先期施工,而且该小区管网为整体设计,布设的范围广、工程量大,普遍开花不能满足公寓分期交付使用的要求,故宜配合各期竣工栋号施工,并采取临时封闭措施,以达到各阶段自成系统分期使用的目的。但每栋公寓基槽范围内的管线应在回填土前完成。

(三)主要工程量

主要工程量见表7-10。

表7-10 主要工程量

工 程 项 目	单 位	地下车库	公 寓		总 计
			单 栋	九 栋	
机械挖土	m ³	180 000	11 268	101 412	281 412
素混凝土	m ³	1 283	80	720	2 003
钢筋混凝土	m ³	15 012	5 838	52 542	67 554
钢 筋	t	3 200	649	5 841	9 041
砖 墙	m ³	339	145	1 305	1 644
预制板	块	2 138	204	1 836	3 974
外墙板	块		390	3 510	3 510
预应力薄板	块		922	8 298	8 298
楼梯构件	件		120	1 080	1 080
钢模板	m ²	45 144	38 121	343 089	388 233
回填土	m ³	90 000	2 040	18 360	108 360
抹白灰	m ²		13 385	120 465	120 465
抹水泥	m ²		5 629	50 761	50 761
现制磨石地	m ²		487	4 383	4 383
预制磨石地	m ²		7 017	63 153	63 153
缸砖地面	m ²		2 076	18 684	18 684
马赛克地面	m ²		515	4 635	4 635
瓷砖墙面	m ²		3 400	30 600	30 600
吊顶	m ²		14 082	126 783	126 783
干粘石	m ²		2 800	25 200	25 200
水刷石	m ²		50	450	450
水刷豆石	m ²		155	1 395	1 395
室内管道	m		14 153	127 377	127 377
炉片	个		399	3 591	3 591
卫生洁具	套		347	3 123	3 123
电线管、钢管	万 m		2.2	19.8	19.8
各种电线	万 m		9	81	81
配电箱	个		192	1 728	1 728
灯 具	份		1 071	9 639	9 639

(四)流水段划分

地下车库以每一库为一大流水段,各段又按自然层分三层进行台阶式流水。一期车库先从5号库开始(为3号楼开工创造条件),分别向7号及1号库方向流水。二期车库从8号向11号方向流水(图7-19)。

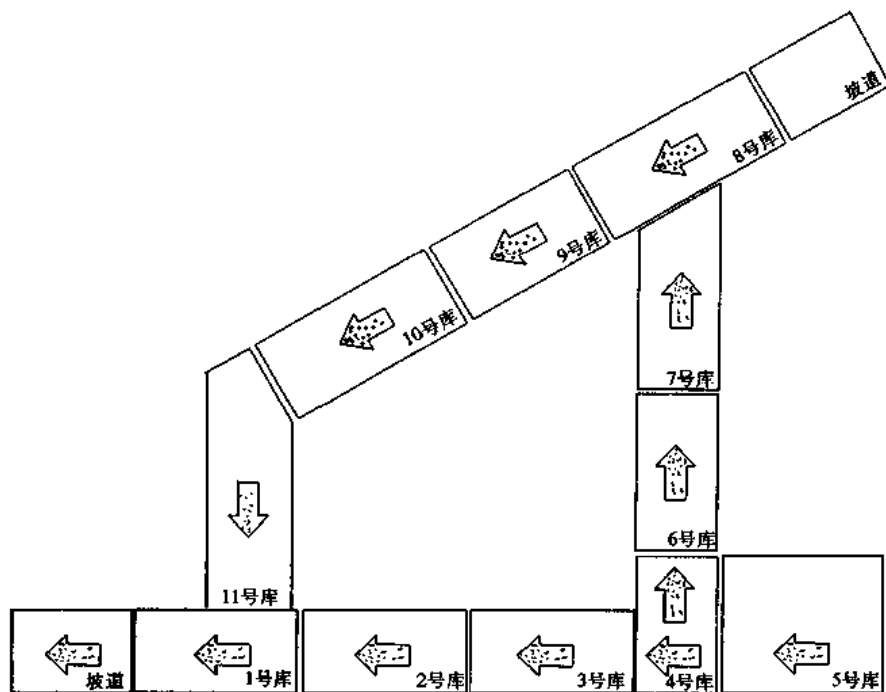


图 7-19 地下车库施工顺序示意图

公寓结构阶段分5段流水,常温阶段每天1段,5天1层(图7-20)。

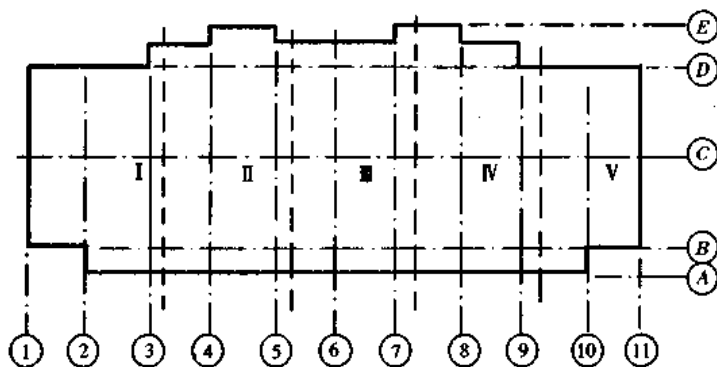


图 7-20 公寓施工流水段划分示意图

三、施工总进度控制计划

施工总进度计划见表7-11。

表 7-11 施工总进度控制计划

年度、季度 项 目	第 1 年度				第 2 年度				第 3 年度				第 4 年度				第 5 年度			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
车库一期(1~7号)	—————																			
3号公寓基础					-----															
3号公寓结构						—————														
3号公寓装修									—————											
4号公寓基础					-----															
4号公寓结构						—————														
4号公寓装修									—————											
5号公寓基础					-----															
5号公寓结构						—————														
5号公寓装修									—————											
公寓餐厅基础											-----									
公寓餐厅结构												—————								
公寓餐厅装修													—————							
6号公寓基础									-----											
6号公寓装修										—————										
6号公寓结构												—————								
1号公寓基础									-----											
1号公寓结构										—————										
1号公寓装修													—————							
2号公寓基础									-----											
2号公寓结构										—————										
2号公寓装修													—————							
9号公寓基础											-----									
9号公寓结构												—————								
9号公寓装修													—————							
8号公寓基础											-----									
8号公寓结构												—————								
8号公寓装修													—————							
7号公寓基础											-----									
7号公寓结构												—————								
7号公寓装修													—————							
热力变电站基础					-----															
热力变电站结构						—————														
热力变电站装修							—————													
物管办公楼基础									-----											
物管办公楼结构										—————										
物管办公楼装修													—————							
二期地下车库					—————															
幼儿园工程													—————							
室外管线工程													—————							
庭院道路工程													—————							

四、施工总平面布置

施工总平面布置见图 7-21。

现场暂设工程如表 7-12 所示。

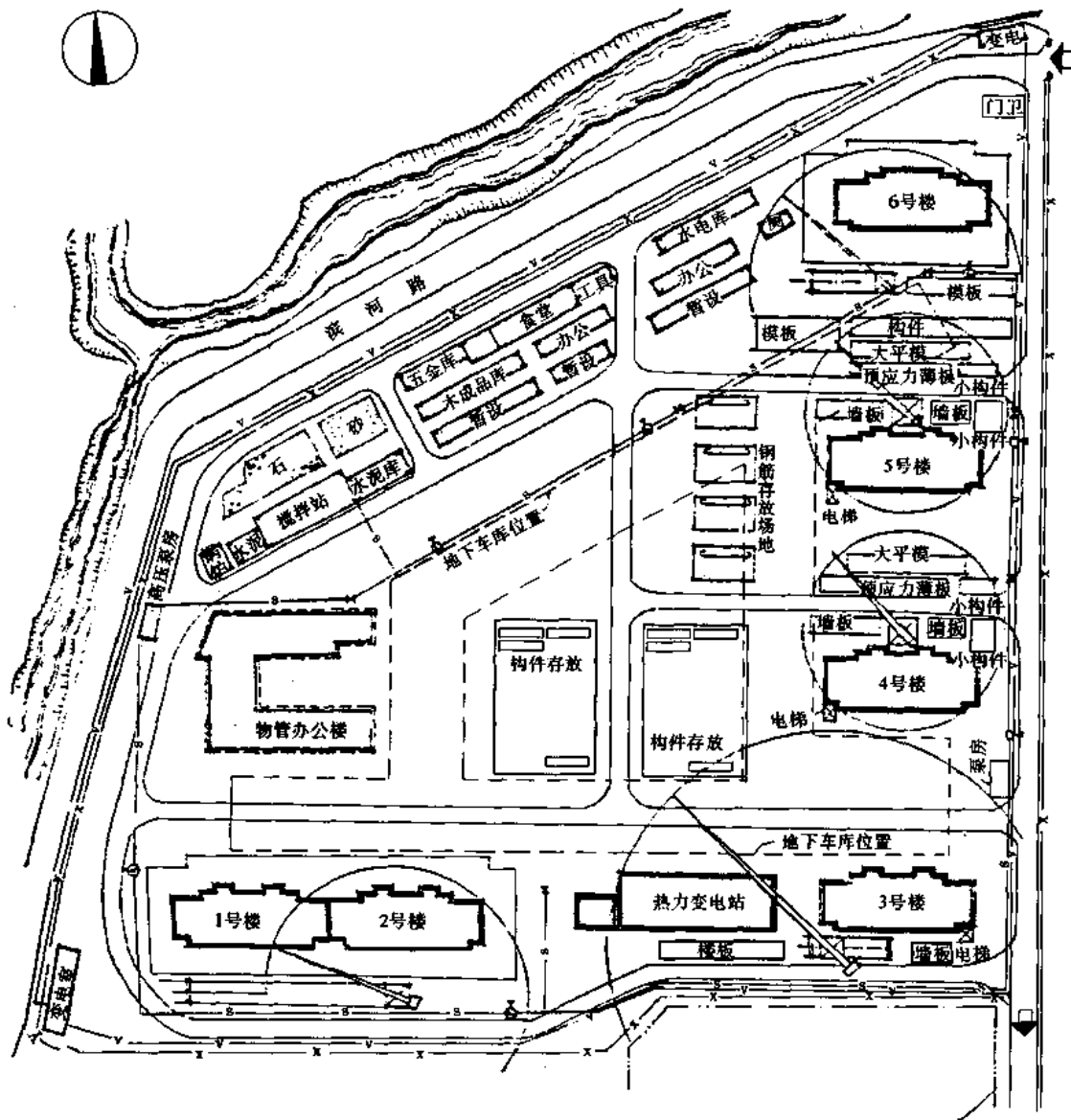


图 7-21 施工总平面布置图

根据栋号多、工期长、施工场地紧张及分期交工的特点，现场按下列原则布置：

- (1) 大量混凝土采用商品混凝土，现场设一座 2 台 400 L 搅拌机(加 1 台备用)的小型搅拌站。
- (2) 暂设用房大部先安排在现场北面 7 号、8 号、9 号楼位置。7 号、8 号、9 号楼开工前，完成房管办公楼作暂设，将原暂设迁至办公楼。
- (3) 混凝土搅拌站迁移位置另定。

表 7-12 暂设工程一览表

序 号	工 程 名 称	面 积/m ²	备 注
1	混凝土(砂浆)搅拌站	315	3台400L搅拌机
2	水泥库	140	
3	工具库	800	混合结构
4	五金库	125	混合结构
5	办公室	220	混合结构
6	锅炉房	56	2台0.4t锅炉
7	木制品成品库	215	混合结构
8	食堂	210	混合结构
9	油库	20	
10	水电库	200	混合结构
11	饮水房	50	混合结构
12	厕所	30	3座
13	吸烟室	20	2座
14	危险品库	20	2座(地下)
15	水泵房	30	混合结构
16	钢筋棚	400	混合结构
17	木工操作棚	200	混合结构
18	水电操作棚	400	混合结构

(4)暂设用房一般采用混合结构,如采用易燃物支搭须经消防部门批准。

材料堆放:

(1)预制构件、大模板堆放在塔吊回转半径内,预制构件按二层的用量准备,堆放场地碾平压实,外墙板用插放架存放。

(2)大模板每楼66吊,其中64吊为平模、2吊为筒模。按全部落地考虑,堆放场砌二皮砖地坎墙。

(3)钢筋及脚手架木应分规格堆放。

(4)装修阶段应及时调整施工平面布置。

五、施工准备

(一)三通一平

1. 平整场地

场地自然地水平标高39.18~40.95m,接近建筑物室外标高。尚有部分民房未拆除,施工前期不能统一平整。拟先解决地下车库施工场地,以后随拆迁进展陆续平整,但应有统一的竖向设计,以利雨季排水。原则上西北面坡向河道,东面坡向马路,南面坡向土路。

2. 施工用水

现场不设生活区,施工用水主要为搅拌及养护混凝土、装修工程用水。根据计算,用水量约5L/s,故用水量按15L/s设计。水源由现场东侧市政管道引出,干管选用 $\phi 125$ mm钢管,管网按树枝状布置,埋深60cm。沿现场循环道一侧每100m设一个消火栓,至消火栓处

管径变为 $\phi 75$ mm。高压水泵(3BA-6)2台,设在现场西北角。楼内用水设 $\phi 100$ mm 上水管,随楼层结构接长,每层设截门。

3. 施工用电

现场施工机械用电量见表 7-15(大型机具计划表)。

ΣP_1 电动机总功率:852.3 kW

ΣP_2 电焊机总容量:728 kVA

ΣP_3 室内照明容量:6 kW($1\ 000\text{ m}^2 \times 6\text{ W/m}^2$)

ΣP_4 室外照明容量:10 kW($10\ 000\text{ m}^2 \times 1\text{ W/m}^2$)

供电设备总需容量: $P = 1.05(0.5 \times \frac{852.3}{0.75} + 0.5 \times 728 + 0.8 \times 6 + 10 \times 1) = 994\text{ kVA}$

现场已有 560 kVA 变压器一台,拟增设 560 kVA 一台,置于西南角,分两路供电。西北路采用 185 mm^2 胶铝线,东南路采用 150 mm^2 胶铝线,电杆间距 35 m。

4. 施工道路

施工道路布置见施工总平面布置图(图 7-21)。主干道宽度不小于 6 m,路面碾平压实,上铺 10 cm 厚焦渣,道路两侧设明沟排水。

(二)技术准备

1. 先了解出图计划,摸清设计意图,如热力变电站施工图、公寓外装修做法等。
2. 编制施工组织总设计和分项施工方案:编制计划如表 7-13 所示。

表 7-13 施工方案编制计划

序号	方案名称	编制单位	编制日期
1	机械挖土	市机械公司	第1年度4月
2	地下车库施工方案	本工区	第1年度4月
3	九栋公寓施工组织总设计	本工区	第1年度10月
4	公寓基础施工分项方案	本工区	第1年度12月
5	公寓结构施工分项方案	本工区	第2年度3月
6	公寓装修施工分项方案	本工区	第2年度9月
7	公寓水电施工分项方案	本工区	第2年度10月
8	季节性施工方案	本工区施工队	冬季、雨季施工前
9	其它栋号个体施工方案	本工区施工队	开工前

3. 编制加工订货和大型机具计划

预制混凝土构件、水泥制品、木门窗、木制品,一般铁件由施工队提加工计划,工区负责供货;钢门窗、卫生陶瓷、马赛克由建设单位提供,设备项目另议。

4. 设计大模板及大型脚手架。

5. 公寓外墙板预贴马赛克工艺试验

公寓预制外墙板的外饰面,设计为现贴白色马赛克,因现贴工艺效率低且受外界气候影响,考虑采取预制措施,即在预制外墙板时并铺贴完成,此项新工艺需与构件厂共同研究试制,经鉴定合格后再大批量生产。

(三)几个需要解决的问题

1. 3号、4号、5号、6号楼东外墙距马路人行道仅4m,而挖槽放坡需8m,基础回填后又需布置构件、道路,因此需要占用马路慢行道约300m长,拟办理临时占地手续。

2. 本工程土方量很大,挖方约28万m³,填方约10万m³,需要大量存土和弃土的场地,须与建设单位及机械施工公司共同设法解决。

3. 公寓主要预制构件有外墙板、山墙板、预应力薄板等约15000件,每年完成3栋则约5000件,尤其是外墙板预贴饰面加长了生产周期,拟请公司组织落实构件生产,以确保供应。

主要施工准备工作计划如表7-14所示。

表7-14 主要施工准备工作计划

序号	施工准备工作内容	负责单位	涉及单位	要求完成时间
1	民房及其它单位占用房拆迁	建设单位		第1年度5月
2	现场测量控制网	施工队		第1年度3月
3	平整场地、施工道路	施工队		第1年度4月
4	施工水、电设施	施工队专业队		第1年度6月
5	暂设用房	施工队		第1年度4~12月
6	了解出图计划、设计意图	工区技术组		第1年度4~6月
7	编制施工组织设计	工区技术组		第1年度4~10月
8	大型机具计划	工区生产组		第1年度4~10月
9	成品、半成品、加工品计划	施工队	专业队	第1年度
10	设计大模板	工区技术组		第2年度5月
11	试验预贴马赛克墙板	公司构件厂	工区	第1年度1月
12	解决存土、卸土场地	建设单位机械施工公司	工区	第1年度5月
13	解决施工时占用马路慢行道问题	建设单位	工区	第1年度10月

六、主要施工方法

本工程按以下工艺流程进行:

地下车库工艺流程为:挖土→垫层→底板→架空层结构→回填土→地下二层结构→回填土→地下一层结构→回填土。

回填土如不能分层进行时,可在每一层结构完成后再回填。

公寓结构阶段的工艺流程为:挖槽→垫层→人防层保护墙、内贴油毡→人防层结构→回填土→地下二层结构→地下一层结构→回填土→立塔吊→1~7层结构→8~17层结构
→7层以下设备安装、内装修→8层以上设备安装、内装修→外装修。

装修工程工艺流程如图7-22所示。

(一)基础挖方

1. 挖方

车库及公寓地下室底标高均为-11.00m,实际挖深9.5m,采用W100正铲挖土机开挖,配合推土机1台、自卸汽车10辆。挖土由市机械施工公司承包。

2. 放坡

土方分两层开挖,第一层由地面至地面以下5.5m,坡度1:0.6,留70cm平台。第二层4m左右,坡度1:0.7。

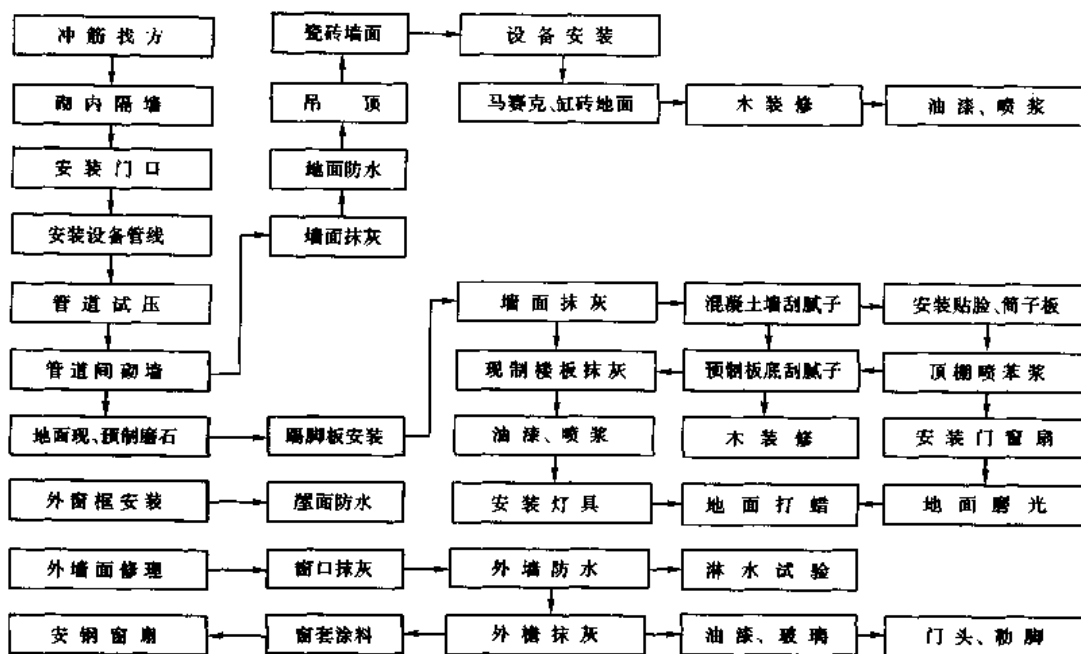


图 7-22 装修工程工艺流程

3. 排水措施

本工程槽底均在地下水位以上,地表水及雨水采用明沟→集水井→水泵系统排出场外。

4. 护坡处理

(1)地下车库护坡钉铅丝网、抹 5 cm 厚豆石混凝土。

(2)雨期施工中的公寓地下室同上(非雨期施工的地下室不做护坡)。

(3)坡脚易塌方的部位用土袋码垛护坡。

5. 挖土至底层时,土中水分趋于饱和,可能影响挖土机械作业(主要是车库),要求准备一定量的级配砂石,必要时在机械作业范围内铺垫 60 cm 厚级配砂石。

6. 为防止超挖或扰动老土,基底预留约 20 cm 土用人工清理,清理后及时覆盖以防暴晒或受冻。

7. 地基打钎后请设计及勘测单位共同验槽。

(二)水平及垂直运输

1. 水平运输

预制构件用拖车,大宗材料用卡车,商品混凝土用罐车运至现场;场内运输混凝土用小翻斗车,其它零星小件用手推车。

2. 结构阶段垂直运输

主要采用塔吊,塔吊的选型和布置根据下列因素决定:

(1)车库及公寓基础基坑坡口宽 38 m,最重构件 2 t,需要工作半径 30 m,一般可用 TQ60/80 或 QT4-10 型塔吊。

(2)公寓结构总高 57.7 m,最宽处 18.6 m,最重构件 7.6 t,位于建筑物北侧。一般情况塔吊可立在楼北面(4号、5号、7号、8号、9号),选用 QT4-10 塔吊,有的公寓北侧不能立塔,如 1号、2号、3号楼北面是地下车库,6号楼北面临河道,则应用 300 t·m 大塔;塔吊的设

置应考虑各期施工能周转使用,尽量减少拆装运输。

根据上述原则,各阶段施工期塔吊布置如下:

第一阶段:1号~7号库、3号楼基础(见图7-23a)。

1号~3号库北侧1台TQ60/80——1号塔吊;

1号~5号库南侧1台TQ60/80——2号塔吊;

6号~7号库东侧1台QT4-10——3号塔吊;

第二阶段:8号~11号及3号、4号、5号楼基础(见图7-23b)。

8号~10号库北侧1台QT4-10——5号塔吊;

11号库西侧1台TQ60-80——2号塔吊;

3号楼基础南侧1台QT4-10——4号塔吊。

4号、5号楼基础则在两栋楼间设1台QT4-10,即3号塔吊,此塔吊于4号、5号库完成后移至此。

第三阶段:3号、4号、5号楼结构,11号库继续施工(见图7-23c)。

3号楼因北面为车库不能立塔吊,基础阶段南面所立QT4-10塔吊至结构阶段起重量不够,需换6.5m臂长大塔吊。

3号楼南侧1台H3-36B——6号塔吊;

4号楼北侧1台QT4-10——3号塔吊;

5号楼北侧1台QT4-10——5号塔吊;

11号库西侧1台TQ60/80——2号塔吊。

热力变电站在3号楼大塔吊工作半径以内,不另设塔吊。

第四阶段:6号、1号、2号楼基础,物管办公楼基础、结构(见图7-23d)。

6号楼北侧为河道,塔吊宜立在南侧,在3号楼结构完成后将6号塔吊移至此楼,基础及结构均用此塔吊。

1号、2号楼基础合用1台QT4-10——4号塔吊;

6号楼南侧1台H3-36B——6号塔吊;

物管楼结构1台TQ60/80——2号塔吊;

第五阶段:6号、1号、2号楼结构,9号、8号、7号楼基础(见图7-23e)。

6号楼南侧1台H3-36B——6号塔吊;

1号楼北侧1台QT4-10——4号塔吊;

2号楼北侧1台QT4-10——5号塔吊;

9号楼基础1台QT4-10——3号塔吊;

8号楼基础1台TQ60/80——1号塔吊;

7号楼基础1台TQ60/80——2号塔吊。

第六阶段:9号、8号、7号楼结构(见图7-23f)

9号楼北侧1台QT4-10——3号塔吊;

8号楼北侧1台QT4-10——4号塔吊;

7号楼北侧1台QT4-10——5号塔吊。

公寓结构阶段采用QT4-10自升塔吊时,塔吊中距建筑物外墙6m,均为固定式基础,上部在第7层和第13层处与墙体锚固(图7-24)。

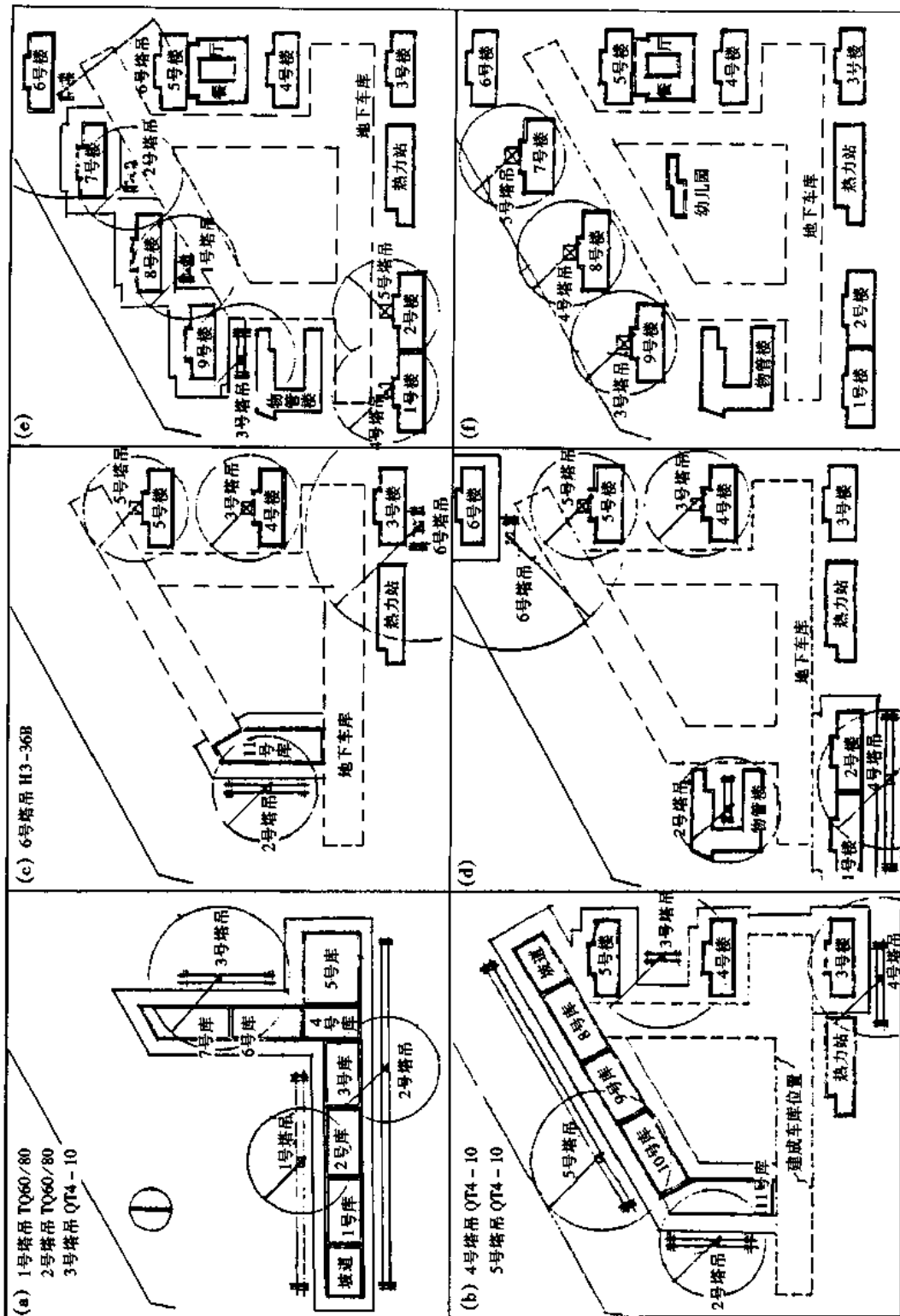


图7-23 塔吊布置示意图

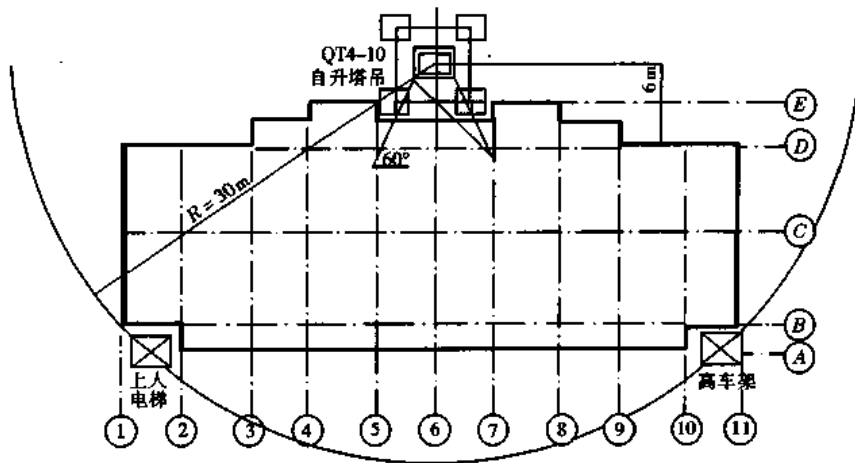


图 7-24 公寓结构阶段 QT4-10 塔吊位示意图

3. 施工用电梯

每一公寓楼设 1 台双笼外用电梯, 结构施工至第 7 层时安装, 供上人及运输装修材料用, 安装位置在楼北侧①~②/Ⓑ轴间。

4. 高车架

每一公寓设 1 台高车架, 供运输装修、水电材料及架设施工上水管道用, 结构施工至第 6 层时搭设, 位置在⑩~⑪/Ⓑ轴间。

(三) 架子工程

1. 地下车库全部采用钢管提升架, 随支随拆。
2. 公寓结构主要用钢管插口架子。
3. 电梯间随结构施工搭钢管架子。
4. 现浇楼梯间外墙采用型钢制作的悬挑三角架。
5. 外装修用双层吊篮架子, 在第 15 层屋顶预埋锚环、挑 16 号工字钢挑梁, 吊篮导轨用 12.8 mm 钢丝绳, 保险绳用 9.6 mm 钢丝绳, 提升吊篮用 1.5 t 手拉葫芦。

(四) 模板工程

主要采用钢模及钢支撑, 不合钢模模数的部分用清水木模补充。不论是大平模或小钢模拼装, 均应作模板设计, 必要时应有计算。

1. 地下车库模板

立墙用大平模配 2 个库的量。顶板模用小钢模及 $\phi 48$ 钢管组成的可以平移的台模, 台模以 $3\text{ m} \times 4\text{ m}$ 左右为宜, 具体尺寸由分项设计决定, 配 2 个库的量。 $\phi 600$ 圆柱采用特制钢模, 形式为两个半圆组成, 板面用 3 mm 钢板, 柱箍用 $L50 \times 5$, 中距 400, 共配 8 套, 每套周转使用 25 次。

2. 公寓模板

- (1) 地下室架空层先砌保护墙内贴油毡, 利用保护墙作外模, 内模用小钢模拼装。
- (2) 架空层以上内外模均用小钢模拼装, 但宜事先翻大样并将小钢模预拼成大片, 以利提高工效并减少塔吊吊次。
- (3) 顶板以预制叠合板、预应力薄板作模板, 其支撑的要求见预制构件安装部分。

(4)标准层模板按5段流水配置,墙模大部分用大平模,内纵墙每面1块,内横墙每面2块,上设0.9m宽操作平台,角模为固定式,门口为钢制假口。标准层模板共配置2套。

(5)电梯间模板采用自收式筒模,共配两吊。

(6)山墙系现浇加预制复合墙体,利用预制外墙板作外模,在加工外墙板时应留设与内大模相对应的螺栓孔。

(7)楼梯间现浇混凝土外墙内外模均用大平模,外模为外承式,支承在下层墙体的三角架上。

(8)第16、17层为非标准层,应尽可能利用标准层的大平模,不合适的部分用小钢模拼装。

3. 模板支拆

(1)支模前应弹模板位置线。

(2)竖向结构的模板与楼地面间的缝隙用砂浆勾严,墙内钢筋应加支杆,内外模用螺栓拉接。

(3)用预制山墙板作外模时,应在螺栓孔处加通长木方以增加受力面。

(4)顶板底模为永久性模板——预应力钢筋混凝土薄板,其安装及支顶要求见预制构件安装部分。现制梁板模板大龙骨间距80cm,小龙骨间距50cm,支柱间距80cm。

(5)阳台板连续支顶不少于3层。

(6)模板应经常清理并涂刷有效的脱模剂。

(7)拆模强度按现行施工规范执行,楼板如须提前拆模,其混凝土强度应不低于设计强度的85%,并加临时支撑。

(8)拆模时先拆除全部附件并先从模板下部撬松,然后再吊出。

(五)预制构件安装

公寓的预制构件有外墙板、预应力薄板、暖廊板及阳台栏板等。

1. 设计要求外墙板之间的构造柱钢筋的上下搭接采用电弧焊,按通常外挂内的施工顺序立完外墙板先封模,就无法施焊,因此本公寓预制墙板及模板的施工顺序应为外纵墙板→山墙板→墙体钢筋→焊构造柱筋→焊键槽筋→入内模。先安外墙板固定较为困难须在楼板叠合层内预埋适当的预埋件,以固定临时支撑。

2. 外墙板安装前,应先检查和修理防水构造。楼板相应位置应抹找平点,安装后及时捻塞干硬性砂浆。

3. 外墙板的临时固定可用钢支撑,通过墙板窗口上钢筋与叠合楼板内的埋件连接,每块板设2根,并及时焊接键槽钢筋。

4. 预制山墙板作为复合山墙的外模,临时支撑应不影响入内模。固定可分两步进行:第一步用可调钢支撑通过板中埋件与叠合层埋件连接固定后,焊接山墙板底及相邻墙板间连接件;第二步通过山墙板顶部埋件分别与外墙板的吊钩及内纵墙钢筋焊接拉牢,撤除可调支撑。入内模后穿螺栓将两者连接。

5. 安装预应力薄板

薄板设硬架支撑,用5cm×10cm方木(或可调钢支撑)组成排架。7.2m开间每行排架7根方木,6.6m开间每行6根方木,该支撑应连续支顶2层,冬期连续支3层。

(六)钢筋工程

本工程钢筋总量约8000t,大宗钢筋由公司加工厂统一配料成型,运至工地绑扎,现场

只设少量小型加工设备如切断机、弯钩机等,以便零星加工。

1. 本工程所用钢筋为 I、II 级钢,原材料由钢筋厂提供合格证。凡加工中采用焊接接头的钢筋由钢筋厂负责工艺试验并提供试验单。凡在施工现场发现钢筋脆断等异常现象时,由施工队取样作化学分析,在现场焊接的钢筋亦由施工队作工艺试验。

2. 钢筋翻样由施工队负责。钢筋规格不符合设计要求时,应与设计人员洽商处理,不得任意代用。

3. 所有钢筋均为散绑。墙体钢筋横筋在外,竖筋在内,上下错开接头 50%。

4. 组合柱、键槽钢筋焊接采用 E50 焊条。

5. 钢筋绑扎要求

(1) 车库底板、顶板钢筋较密,上下层钢筋应分两次隐检。

(2) 车库墙身的防水混凝土,钢筋顶杆加止水板。

(3) 公寓外墙板组合柱钢筋一定要插入套箍内,并作 $10d$ 搭接焊。

(4) 墙体钢筋网两片间加 Γ 形钩支撑,间距 1 m,按梅花形布置。

(七) 混凝土工程

混凝土现浇量共约 7 万 m^3 ,其中防水混凝土约 16 000 m^3 , C_{25} 、 S_8 用于地下车库,其它普通混凝土为 $C_{20} \sim C_{30}$ 。

1. 原材料及配合比

防水混凝土应使用 425~525 号水泥,冬期用普通硅酸盐水泥。所有混凝土掺加的粉煤灰应为袋装磨细粉煤灰,减水剂用木钙粉或建 1 型。每批材料均应经试配。

2. 混凝土的配制

大体积混凝土(如底板、顶板)采用集中搅拌站供应的商品混凝土,外加剂在现场添加。防水混凝土及内墙、楼板叠合层混凝土由现场搅拌站供应。

3. 混凝土浇筑

车库迎水面为防水混凝土,其它为普通混凝土。浇筑方法及要求为:每库底板混凝土一次浇筑,不设后浇缝,与外墙交接处留凸形水平施工缝。每库外墙中部留一道 60 cm 宽竖直后浇缝。后浇缝在墙体混凝土龄期不小于 28 天后,用微膨胀混凝土补齐,并养护 6 周。

车库地下 1 层、2 层底板(即车道)要求随打随抹,一次成活。柱子一次浇筑至板底。

公寓地下室及地上混凝土浇筑方法及要求为:底板与地下室墙身均不设后浇缝。内墙垂直施工缝根据流水段划分设置在门口处。组合柱、暖廊分户墙要与内横墙同时浇筑,墙体混凝土浇筑高度控制在叠合板以下 10 cm。竖向结构混凝土分层浇筑的高度,第一次不大于 50 cm,以后每次不大于 1 m。复合山墙板更应严格控制,不得用灰斗直接下灰。

4. 混凝土养护

防水混凝土不论使用何种水泥,湿养护不得少于 14 昼夜。车库的车道为一次抹面,可先覆盖一层塑料薄膜,待混凝土强度达 1.2MPa 后,再改用湿草袋养护 14 昼夜。大模混凝土喷水养护不少于 3 天。

(八) 防水工程

1. 地下车库迎水面为防水混凝土,须作好下列处理:

(1) 外墙过墙管应加法兰套管。

(2) 变形缝止水带采用焊接,固定止水带不得用钉结合,应用铅丝将止水带固定在钢筋

或模板上,下灰或振捣时不要碰止水带。

(3)补后浇缝应在混凝土龄期不少于 28 天后进行,并认真清理缝内杂物,将接槎两边松散部分剔除,安装附加钢筋,支模后浇水湿润 1 昼夜后再灌混凝土。后浇缝用微膨胀剂配置的混凝土,其强度等级提高一级,坍落度 4~6 cm,配合比由试配确定。浇筑时用铁锹喂灰,每层厚度不超过 50 cm,应认真振捣密实,湿养护 6 周。

(4)防水混凝土墙的螺栓孔用微膨胀剂配置的砂浆堵孔,另编操作工艺。

2. 公寓地下室油毡防水

考虑土坡的安全,架空层以下先砌保护墙内贴油毡,利用保护墙作外模板。架空层以上先浇筑混凝土外贴油毡后砌保护墙。要注意做好接槎。

3. 公寓屋顶为了外装修吊篮架子而预埋的 $\phi 12$ 锚环,应尽量设在暖沟内或靠近暖沟,并在屋面保温层做完后先铺一层油毡。

4. 卫生间铺贴油毡后,禁止任意剔凿破坏,必须剔凿者,应通知油毡工及时修补。

5. 外墙空腔防水

竖直、水平防水槽应经检查修理再吊装,板下坐浆要严实,安塑料条前应将空腔内清理干净,塑料条要按实测防水槽宽度、长度裁剪,护面砂浆要勾严。

(九)回填土工程

1. 土方平衡措施

(1)两期车库及分期施工的公寓地下室应尽可能以挖补填。

(2)车库东西坡道及附属用房开工时间可灵活掌握,可作为取土回填的后备来源。

(3)在拆迁问题能提前解决的情况下,可利用未开工的公寓适当存土(如 1 号楼位置)。

(4)场外存土地点尽量就近解决。

2. 回填土工程的几项要求

(1)车库三层台阶式流水施工,每一层结构完成后尽早回填土,以便安装上一层模板,免搭脚手架,有利于混凝土的养护,可防止防水混凝土裂缝。

(2)公寓架空层以下先砌保护墙并回填土,以利于边坡稳定。

上述两项如条件不允许时可一次回填。

(3)在回填土过程中,应尽可能将回填范围内的外管线一并完成。

(4)5 号车库与 3 号楼间的回填可在 3 号楼地下室完成后同时进行。

(5)分层回填土时,应有排水措施,并将原集水井随回填土升高,保持持续抽水。

(6)回填土压实采用蛙式打夯机。

(十)室外管线

室外管线出图较晚,不能做到先期施工,但在公寓分期竣工时,应配合完成有关部分。据了解,外线线路是按总的系统(9 栋公寓同时使用)设计的。为分期使用,在施工中还必须采取适当的临时措施,使每期公寓(3 栋)完成后,外线能形成各自的系统,创造分段使用的条件,在 9 栋公寓全部完成后,又可恢复原设计意图。

根据草图的情况,污水管线可不影响分期使用,其它管线处理的原则如下:

1. 自来水

一次水有东、西两个进口,高压水分 1 号~4 号楼及 5 号~9 号楼两个区域,可根据分期要求加设阀门或加堵(还应考虑高位水箱的连接),但消防水管道不得加阀门。

2. 煤气进口在东侧马路,分期使用可采取封口措施,但要注意接口时停气问题。
3. 暖气及热水系统可加堵处理,但不要设在车库内。
4. 雨水分两个出口通向西北侧道路雨水干线,请设计单位根据竣工次序稍加调整。

(十一)室内管线及设备

1. 认真熟悉图纸,重点注意专业与土建施工的矛盾及管道间的矛盾,并提前解决。
2. 配合土建进行预埋铁件、箱及预留槽、洞、暗埋管线施工,设专人核对尺寸及看管。外墙的过墙管用防水套筒,卫生间管道穿楼板处用钢套管。
3. 本工程管道系统比较符合标准化要求,应尽量预制。
4. 结构施工至四层以上时可插入安装,试水分高压、低压两个阶段进行。
5. 管道保温:污水托吊管用麻布油毡3道,采暖管用珍珠岩瓦块外抹石棉水泥壳。
6. 散热器在地面、墙面做完后安装,浴盆在做饰面前安装,其它器具在做饰面后安装。
7. 凡吊式灯具均在楼板内下钢筋吊环。
8. 凡敷设在现浇混凝土内或焦渣层内的管线均应加堵,管子连接用丝扣,吊顶内管子必须里外带螺母。
9. 必须在所有电气设备装齐后,经绝缘检测合格方可进行电气工程调试运转。

(十二)装修工程

1. 生产部署和施工组织内装修与结构交叉进行,结构完成至第8层时插入第1条装修线,由第2~8层逐层向上进行。结构完成后插入第2条装修线,由第8层逐层向上进行。外装修在第8~15层墙面冲筋及安完钢门窗后进行。预制马赛克墙面先自下而上修补,然后自上而下清洗。现浇外墙粘石渣先自下而上做窗口,后自上而下做机喷石。

装修工程以施工队为主,组织抹灰工、木工、粉石工等工种的混合队进行专业承包。油漆粉刷由专业队组织力量配合土建进度完成各项任务。水、暖、电、卫根据控制进度计划组织施工,装修进入8层施工时,专业管线必须安装完毕,水暖管线分低压、高压两个阶段试压,在装修终饰面以前完成。

2. 施工准备

- (1)进一步熟悉图纸,将各房间的做法标牌张挂在相应的房间。
- (2)逐月逐旬落实加工订货及到货和质量情况。
- (3)进行结构验收及专业项目的隐检或试压。
- (4)要求先做样板墙、样板间,然后再大面积展开进行装修。

3. 材料运输及堆放

(1)结构完成并拆除塔吊后,应调整施工平面布置。结构与装修交叉期间,装修材料以场外存放为主,楼周围留出周转用地。

- (2)木制品及轻钢龙骨存放于仓库或地下室。
- (3)瓷砖、马赛克、预制磨石及石渣临时放在露天时,应加盖苫布。
- (4)安装上人及装修材料用电梯、高车架及高层联络通讯设备。

4. 主要项目施工方法

(1)地面工程:基层清理应作为一道工序安排,并进行隐检。面层标高由楼道统一引向各房间,块材应由门口往里铺设。水泥地面及以水泥砂浆作结合层的地面应适当养护,并在三天以内不准上人。

(2)内墙装修:泡沫混凝土墙与混凝土墙交接处加贴 10 cm 宽玻璃丝布。墙面抹灰均先在基层刷一道 107 胶或其它界面粘结剂。

混凝土墙面用 107 胶水泥浆贴砖;加气混凝土墙贴瓷砖需先加一层 0.8 mm 钢板网,刷一道 107 胶水泥浆后再做结合层。

(3)顶棚工程:凡石棉板吊顶处均事先在混凝土楼板内预留 $\phi 6$ 吊环,大龙骨用 10 号铅丝与吊环锚固。喷苯浆顶棚先作试验,编制工艺卡后再施工。

(4)外墙装修:外装修架子用双层吊篮,自上而下进行装修。现浇外墙粘石用机喷,马赛克墙面修理应按正常工序要求,不得因面积小而减少工序,基层刷界面粘结剂。

(十三)季节性施工措施

1. 雨期施工的车库、公寓地下室基槽边坡应加钉铅丝网(拐过上口 50~100 cm),5 cm 厚豆石混凝土,槽口外加 10 cm 高挡水台。

2. 暑期施工大体积混凝土(如车库底板、地下室底板、车库顶板等),宜采用低化热水泥和缓凝型减水剂,以防混凝土出现裂缝。

3. 防水混凝土要注意防晒、隔热和加强湿养护,不要过早涂刷热沥青层,以防吸热。

4. 冬期挖槽不能连续施工时,槽底及下部槽帮应覆盖保温。如在严冬阶段施工钢筋混凝土底板,基槽应适当加深,铺垫 20 cm 厚级配砂石并碾压密实。

5. 冬期混凝土工程原则上采用综合蓄热法施工。现场设两台 0.4 t 煤气锅炉及两个 1 m³ 高位水箱。尽可能采用高标号普通硅酸盐水泥和高效抗冻早强剂。模板用高热阻材料保温,小钢模用 5 cm 厚岩棉块填塞,大模板用 5 cm 厚聚苯板紧贴板面再外封一层纤维板。严冬阶段大模应配 2 套。混凝土脱模强度应根据同条件试块或成熟度推算决定。现浇混凝土外墙因需挂外架子(安装挂架子时混凝土强度不低于 4MPa),可增加远红外线热养护措施。公寓楼板叠合层及局部现浇楼板采用硫铝酸盐水泥配制的早强混凝土。凡采用此混凝土时,底模为木模者其表面应加一层纤维板。硫铝酸盐水泥混凝土的施工工艺应按专门规定执行。

6. 室内装修利用正式热源及正式供热系统。

7. 室外装修避免在严冬阶段进行。

七、主要管理措施

(一)技术质量管理

1. 认真贯彻各项技术管理制度和岗位责任制。认真学习图纸、说明和有关施工的规程、规范、工艺标准。

2. 施工组织设计要三结合编制,报上级技术部门审批。要加强中间检查制度,对施工方案、技术措施、材料试验等,应定期检查执行情况。

3. 新材料、新工艺、新技术要经过批准、试验、鉴定后采用,并建立完整的资料归档。

4. 工程质量要实行目标管理,推行全面质量管理

(1)防水工程要抓好地下防水做法的各个环节,如防水混凝土、变形缝、止水带、穿墙管、螺栓孔的处理,外墙回填土的质量等。卫生间及屋面严禁任意剔凿,防水细部做法要认真处理。

(2)结构工程要抓好轴线标高(测设主轴线及水准点要用经纬仪闭合后确定)、混凝土配合比、大模板混凝土烂根及钢筋绑扎、焊接质量等问题。

(3)装修工程要抓好样板间,工序安排应合理。

(4)水暖电卫工程要抓好设备孔洞预留,土建与专业队均应设专人管理此事。

5. 对成品保护,要制订详细的措施和奖惩办法。应抓好以下工作:

(1)带饰面外墙板的运输及堆放均应立放在插放架上,并有防碰撞措施。

(2)木装修及饰面块材、卫生陶瓷应存放在库内,运输时要轻拿轻放。

(3)严禁在装修终饰面上任意剔凿或搭设脚手架,不得在任何成品地面上拌和灰浆。

(4)进行油漆、喷浆等作业时,应在可能污染的范围内采取防护措施。

(二)消防安全管理

1. 健全各级消防安全组织,安排专职人员组织巡回检查,现场设驻场消防值班员。

2. 各分项施工方案、工艺设计均应有详细的安全措施。针对本工程特点应重点抓好下列几个方面:

(1)现场主要出入口应设专人指挥车辆。

(2)基坑边坡上设护身栏,坑、槽、洞、井边设红灯标志。

(3)东侧马路上高压线应搭设防护架,塔臂吊物时距高压线的垂直距离不小于3m。

(4)现浇外墙所设计的三角挂架应有设计计算书并进行荷载试验。各类架子组装后应由安全和技术部门验收合格方准使用。

(5)高层施工时应设联络通讯装置。

(6)冬季施工保温材料不得使用易燃物品。

(7)现场设高压水泵房。地面消火栓的有效范围为50m,每栋公寓设一根100mm消防立管,随结构层安装,分层设消火栓接口。冬季施工期间立管应做好保温。

(8)墙板插放架的高度应不小于构件高度的3/4。大平模堆放时要板面对板面,并有70°~80°倾角。吊运时须两边对称进行。

八、主要物资、劳动力、大型机具计划

1. 主要物资供应计划(略)。

2. 主要劳动力需用量计划(略)。

3. 大型机具计划如表7-15所示。

表7-15 大型机具计划表

序号	机械名称	单位	数量	每台用电量/kW	高峰用电量/kW
1	挖土机	台	2		
2	推土机	台	2		
3	自卸汽车	辆	10		
4	TQ60/80塔吊	台	2	55	110
5	QT4-10塔吊	台	3	72.5	217.5
6	H3-36B塔吊	台	1	160	160
7	混凝土搅拌机	台	3	10	20
8	电焊机	台	26	28	728
9	高压水泵	台	4	17	68
10	抽水泵	台	12	17	204
11	外用电梯	台	6	10	60
12	卷扬机	台	6	15	90
13	振捣棒	个	80	1.5	15
14	平板振捣器	台	20	0.5	5

续表 7-15

序号	机械名称	单位	数量	每台用电量/kW	高峰用电量/kW
15	钢筋弯钩机	台	1	7	7
16	钢筋切断机	台	1	2.8	2.8
17	电锯	台	2	4	8
18	电刨	台	2	7.5	15
19	压刨	台	2	4.5	9
20	套管机	台	3	5	15
21	截管机	台	3	5	15
22	蛙式夯土机	台	10	2.5	25
23	空气压缩机	台	1	10	10
24	气焊设备	套	6		
25	压路机	台	1		

九、主要技术经济指标

1. 各项技术经济指标见表 7-16。

表 7-16 各项技术经济指标

序号	项 目	指 标 控 制 数
1	工期	总工期按原下达工期提前一年零三个月
2	全员劳动生产率	结构:0.9 工/m ² ; 装修:5 工/m ² ; 人均产值:1 万元/(人·年)
3	质量优良率	80%
4	降低成本	4%
5	节约三材	3%
6	安全指标	不发生重大伤亡事故、事故频率在 0.15% (即 1.5‰) 以内
7	机械利用率	塔吊 40 m ² /台班

2. 降低成本技术组织措施效果见表 7-17。

表 7-17 降低成本技术组织措施效果统计表

序号	措施项目内容	效果计算方法	工 程 量		经济效果 /元
			单 位	数 量	
1	现场储存土方	每 m ³ 节约 3.89 元	m ³	10 000	38 900
2	就近存放土方	每 m ³ 节约 0.74 元	m ³	50 000	37 000
3	利用现场存土回填	每 m ³ 灰土节约 3.18 元	m ³	30 000	95 400
4	利用旧钢模板		m ²	57 500	387 550
5	钢筋集中配料		t	9 041	126 574
6	混凝土加减水剂粉煤灰		m ³	67 554	101 331
7	冬季施工混凝土蓄热法 装修用正式热源	节约冬施费 $\frac{1}{3}$ (190 万 \times $\frac{1}{3}$)	项	1	632 700
8	大模自带架子、工具架	每 m ² 建筑面积节约 0.24 元	m ²	126 000	30 240
9	支撑叠合板用钢支架	每 m ² 叠合板节约 3.84 元	m ²	4 475	17 184
10	外檐预贴马赛克	每 m ² 节约 0.45 元	m ²	40 860	18 387
11	外檐机喷面	每 m ² 节约 0.67 元	m ²	25 200	16 884
12	塔吊周转使用	节约进场费 16 418 元	次	9	147 762
13	小计				1 649 912
					占直接费 3.7%

第三节 单位工程施工组织设计示例

一、工程概况

图 7-25 所示为一幢七层砖混结构住宅建筑。建筑面积为 23 390 m², 建筑物长 32.04 m, 宽 10.40 m, 层高 2.8 m, 总高 20.05 m。基础为钢筋混凝土整板基础, 碎石垫层。24 cm 厚标准

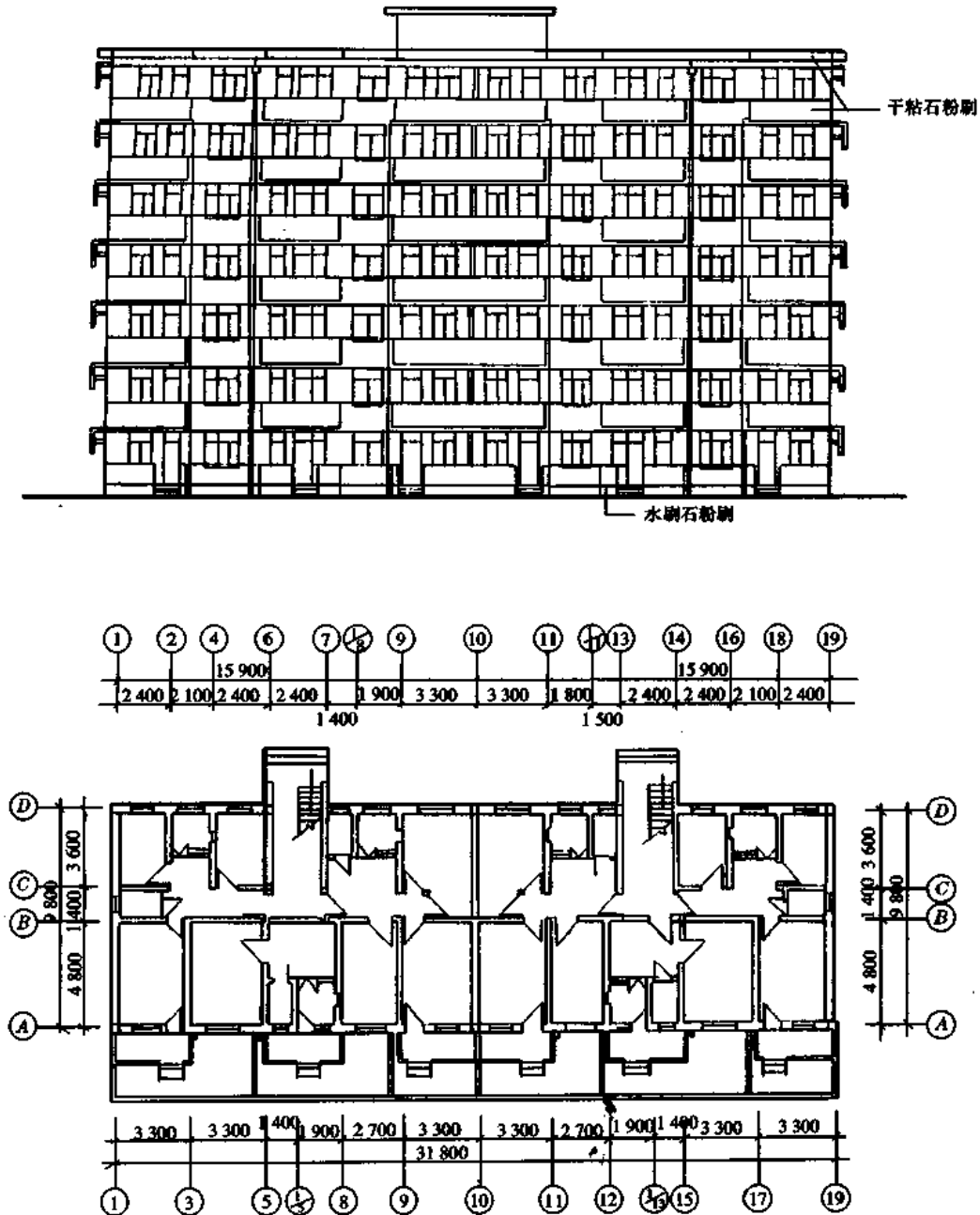


图 7-25 砖混结构住宅建筑

砖横墙承重,转角处及内外墙交接处设构造柱。楼盖及屋盖结构为预制钢筋混凝土预应力多孔板。楼梯为现浇钢筋混凝土板式楼梯。地面为碎砖垫层细石混凝土面层。楼地面为普通水泥砂浆面层。屋面为二毡三油热铺绿豆砂。外墙+0.9 m以下为水刷石,+0.9 m以上为干粘石粉刷。内墙为纸筋灰抹面,刷胶白二度,或石灰屑打底,用106内墙涂料刷面。

工程所在地环境:地形平坦、场地狭小,地下水为潜水,稳定水位1.1m;地层为杂填土,由轻亚粘土、粉砂、淤亚粘土、亚粘土组成;场地属高河漫滩地貌,场地内填土较厚,土质较差,不宜直接利用。

本工程按照包工包料方式承包。由于工程所在地不属车辆行驶禁区,故材料、构件运输极为方便。运输工具主要靠汽车。

本工程为某小区建设中的一幢宿舍,施工、生活用水可直接使用小区内的总阀,分别安装水阀龙头控制,安装水表计量。

施工用电、照明用电均从附近变压器接出,引至临时宿舍等处,在室内安装总配电箱(内安装保安器、电表),室外安装分机分闸。

临时房屋由甲方提供场地,乙方自建。临时房屋包括水泥库、木工棚、食堂、配电房及电工工具房、办公室、宿舍等,其位置详见现场布置图(图7-26)。

二、施工方案

(一)机械选择

选用25t·m塔吊一台供主体结构工程的垂直运输。装饰工程阶段采用井字架一副供垂直运输。土方运输采用自卸车。场内水平运输采用机动翻斗车和单双轮车。浇整板混凝土基础时用两台40型搅拌机,砌墙和粉刷配两台砂浆搅拌机,其它施工机械详见施工机械计划表(表7-15)。

(二)施工流水段划分

基础部分,由于是整板深基础,基坑作业面小,另外,砂石垫层需用压路机碾压,考虑其施工的连续性,所以不宜划分施工流水段,宜进行全面积施工。为了加快工期进展,主体结构工程划分为两个施工段,即①-⑩轴线为第Ⅰ施工段,⑩-⑱轴线为第Ⅱ施工段。

(三)主要施工方法及技术措施

本工程分基础、主体结构、屋面及装饰四个阶段进行施工。其施工方法分别叙述如下:

1. 基础工程

根据承包合同规定,基础土方开挖由甲方负责。基础开挖形式、断面形状、排水方式、弃土地点等均由甲方(开发公司)统一协调。

本承包单位的施工队伍进入现场后,即可按总平面图定位、放线,并用人工修整基槽。

由于地质较差,采用砂石垫层厚2m。基槽不能一次挖到设计标高,应先挖到离设计标高20cm,在下垫层时再挖到设计标高,以免回弹和扰动土层。另外应在基槽挖到设计标高时请设计人员、监理工程师现场验槽后,方可进行下道工序。

砂石垫层的材料质量必须严格检查,必须按规定比例,拌和均匀,铺垫整平,不得有砂或石堆聚现象。每层铺设厚度不得大于20cm,并需用喷壶均匀洒水,且每层用8~12t压路机纵横来回碾压至少各三遍,碾压应均匀并叠压至少半轮。如发现弹簧土,应予挖除换填重压。若地基面层土壤含水量过大时不宜碾压,待含水量降低后方可做砂石垫层。

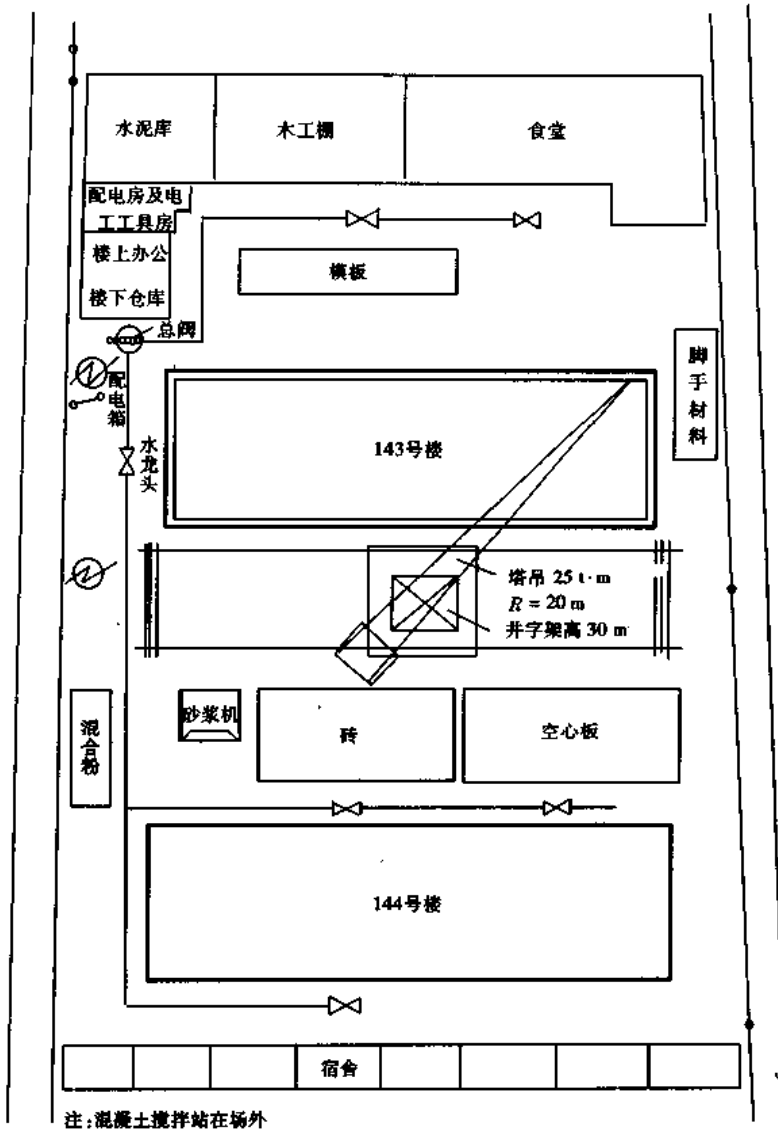


图 7-26 单位工程施工平面图

钢筋混凝土整板基础施工,在立模、扎筋后即进行搭设脚手,满铺脚手板,脚手板要具有一定的强度和刚度,以便于行走运送混凝土的机动翻斗车。送来的混凝土应先倒在铁板上,并由人力用铁锹倾入基础内进行振捣。

基础施工要抢时间,且整板混凝土基础要求连续施工不留施工缝。浇捣结束后应配专人养护,并立即拆除脚手架。拆模以不损坏混凝土棱角为准,然后分段砌筑室内基础墙和浇灌混凝土墙,安装架空板。

2. 主体结构工程

主体结构工程主要有砌墙、现浇钢筋混凝土板及圈梁、构造柱和预制构件吊装等。根据工程量将整幢房屋分为东西两个施工段进行施工。在基础完工及底层架空板安装完毕后,即进行分段分层流水施工,先由瓦工班砌第Ⅰ段,然后转到第Ⅱ段,此时架子工在第Ⅰ段搭设脚手架,并应在第Ⅱ段砌墙完成时完成,以便瓦工能及时转到第二层的第Ⅰ段砌墙,待砌

至圈梁底标高时,这时第Ⅱ段脚手已搭好,瓦工由第二层第Ⅰ段转到第二层第Ⅱ段,与此同时,在第Ⅰ段应进行圈梁的立模、扎筋、浇筑混凝土。待圈梁的模板拆除后,即可安装空心楼板。第Ⅱ段照第Ⅰ段同样施工,以后上面各层均按底层流水顺序施工。对卫生间、厨房等现浇板应与圈梁同时施工,现浇楼梯应随墙的上升而逐层施工。

在完成底层前,塔吊应准备完毕。

3. 屋面工程

在二毡三油热铺绿豆砂卷材防水屋面上,做架空隔热板。

4. 装饰工程

装饰工程包括室内外装饰。7层楼板吊装结束时,先做6层楼地面,以后再下面各层,这样可避免因天气等情况而影响已做好的楼地面。内粉刷工程与楼地面穿插进行,外粉刷也可进入,自上而下依次进行。内墙刷106涂料应待内粉刷层稍干后再进行,以保证工程质量。

技术措施:

包括工程质量技术措施、安全措施、降低成本措施等,均应严格执行国家的有关规范、规程的规定,此处从略。

本工程主要工程量一览表见表7-18,钢木门窗加工数量表见表7-19。

表7-18 主要工程量一览表

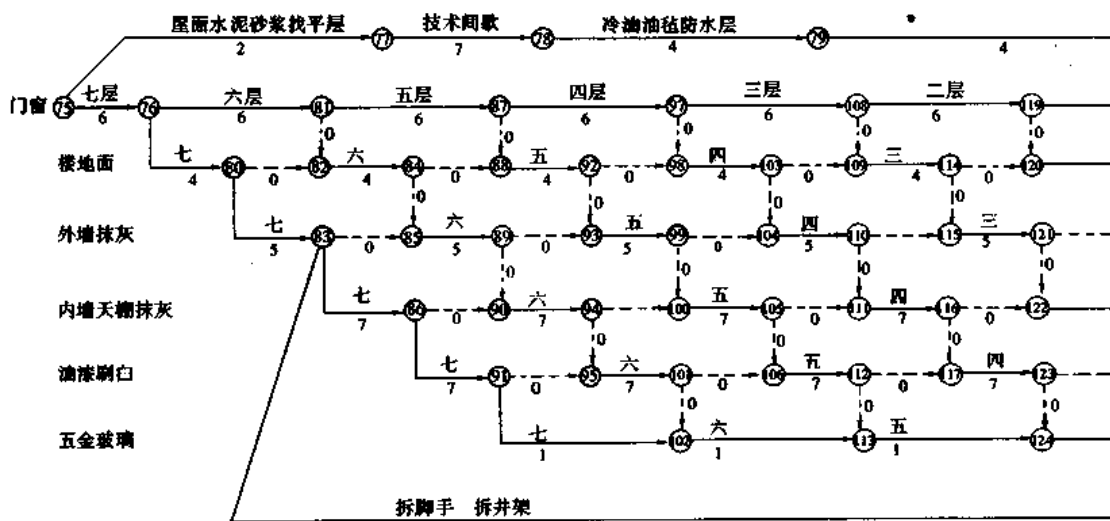
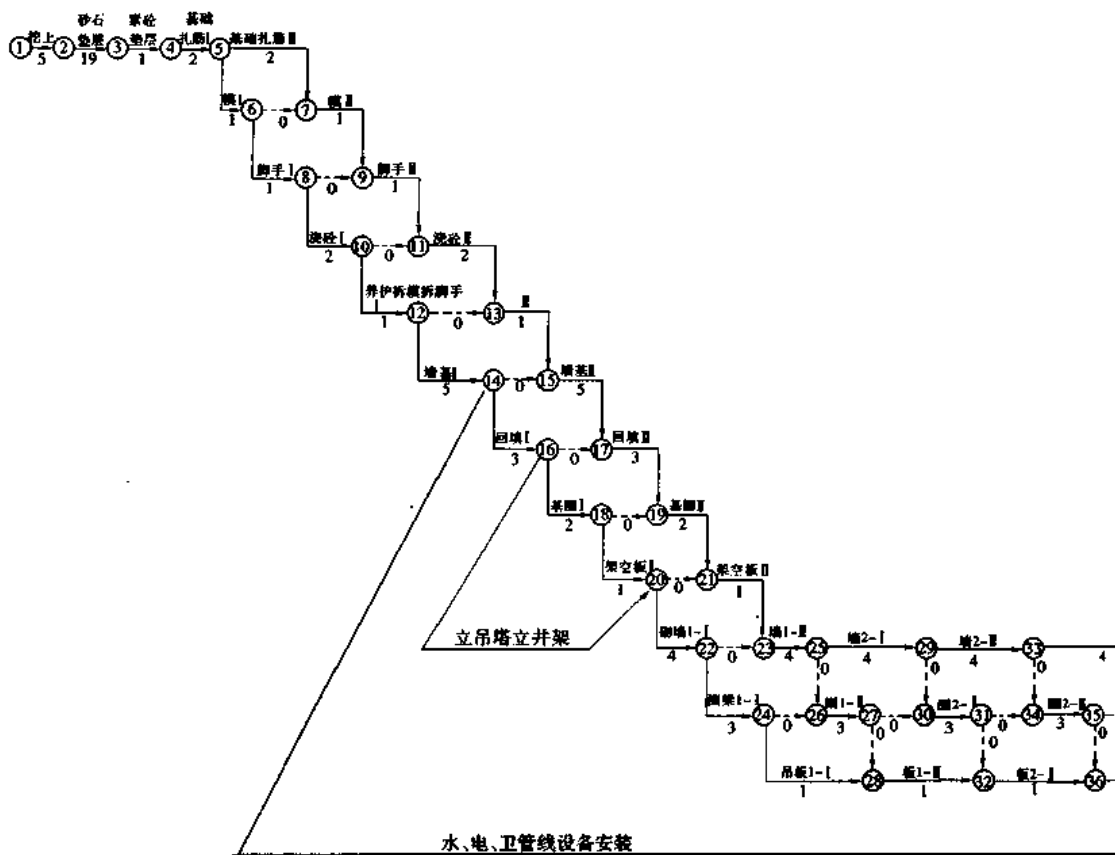
序号	工程项目名称	单位	工作量	用工日
1	人工挖土	m ³	460	64
2	人工运土	m ³	460	78
3	砂石垫层	m ³	1172	820
4	C10混凝土垫层	m ³	42	58
5	防水混凝土整板基础	m ³	146.57	269
	其中 { 支模板			21
	{ 绑扎钢筋			82
	{ 浇捣混凝土			166
6	浇整板基础时之脚手架工程	10m ²	40.98	27
7	100#水泥砂浆砖基础	m ³	108.62	130
8	防水混凝土、构造柱	m ³	2.90	22
9	防水混凝土基础墙	m ³	44.60	154
10	回填土	m ³	460	65
11	现浇基础圈梁、柱	m ³	15.64	86
12	底层空心板架空层安装	m ³	15	31
13	底层外墙砌砖	m ³	47.73	67
14	底层内墙砌砖	m ³	74.43	105
15	2层外墙砌砖	m ³	44.01	62
16	2层内墙砌砖	m ³	72.99	99
17	3、4、5、6层外墙砌砖	m ³	129.72/32.43	180/45
18	3、4、5、6层内墙砌砖	m ³	287.44/71.86	404/101
19	7层外墙砌砖	m ³	32.31	45
20	7层内墙砌砖	m ³	72.07	102

续表 7-18

序号	工程项目名称	单位	工作量	用工日
21	1~7层构造柱	m ³	41.31	306
22	小型构件预制	m ³	31.28	200
23	小型构件运输、安装	m ³	31.28	50
24	现浇圈梁、柱、梁板	m ³	208.07	1061
25	安装空心板	m ³	104.93	224
26	砌筑墙体时脚手架工程	m ²	2339	152
27	屋面工程	m ²	321	476
28	门窗安装	樘	486	525
29	楼地面工程	m ²	1761.7	191
30	天棚粉刷	m ²	1756.1	231
31	内墙粉刷	m ²	5514	819
32	外墙粉刷	m ²	2453.4	1076
33	楼梯粉刷	m ²	168	93
34	油漆刷白	m ²	1160	810
35	其它			319

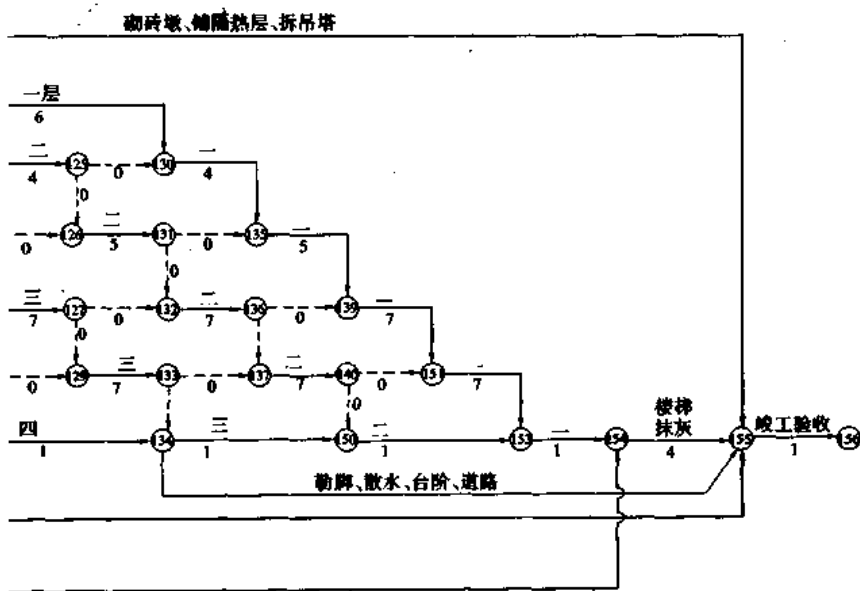
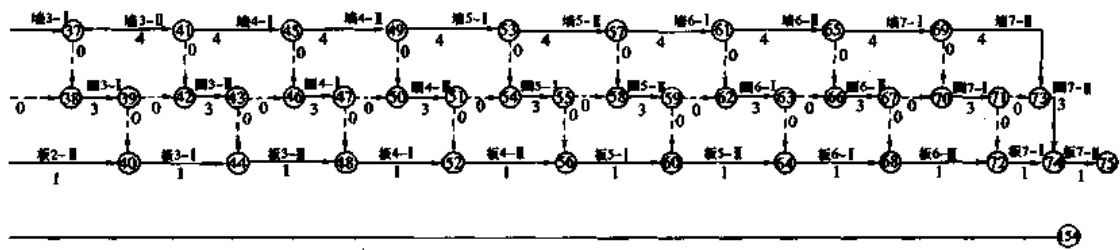
表 7-19 钢木门窗加工数量表

序号	成品名称	规格(宽×高) /mm×mm	单位	数量	其中分层数量						
					1	2	3	4	5	6	7
1	GM-1	800×2400	樘	14	2	2	2	2	2	2	2
2	GM-1	800×2400	樘	14	2	2	2	2	2	2	2
3	GM-2	1400×2400	樘	14	2	2	2	2	2	2	2
4	M-2	900×2400	樘	98	14	14	14	14	14	14	14
5	M-3	1860×2400	樘	7	1	1	1	1	1	1	1
6	M-3	1860×2400	樘	7	1	1	1	1	1	1	1
7	M-4	700×2400	樘	42	6	6	6	6	6	6	6
8	M-5	1720×2400	樘	14	2	2	2	2	2	2	2
9	M-5	1720×2400	樘	7	1	1	1	1	1	1	1
10	M-6	930×2400	樘	14	2	2	2	2	2	2	2
11	M-7	1030×2000	樘	14	2	2	2	2	2	2	2
12	M-8	1000×2000	樘	28	4	4	4	4	4	4	4
13	M-13	1620×2460	樘	7	1	1	1	1	1	1	1
14	GC-1	1500×1500	樘	28	4	4	4	4	4	4	4
15	GC-2	1200×1500	樘	42	6	6	6	6	6	6	6
16	GC-3	900×1500	樘	56	8	8	8	8	8	8	8
17	GC-4	600×1500	樘	42	6	6	6	6	6	6	6
18	GC-5	1500×600	樘	14	2	2	2	2	2	2	2
19	GC-6	1500×900	樘	10	1	1	1	1	1	1	4
20	GC-7	600×600	樘	14	2	2	2	2	2	2	2
	总计		樘	286	69	69	69	69	69	69	72



14

图7-27 单位工程



施工网络图

施工机械需要量计划见表 7-20。

劳动力需要量计划见表 7-21。

表 7-20 施工机械需要量计划

序号	机械名称	规格型号	数量	单机耗电 /kW	进场日期
1	砂浆拌和机	S200L	2	3.0	4.4
2	混凝土拌和机	400L	1	7.5	3.24
3	插入式震动器	ZH50	3	1.1	4.1
4	平板式震动器		1	1.5	3.24
5	电动抽水机		1	4.5	3.1
6	电焊机	AX ₂ -20	1	20.0	3.24
7	卷扬机		2	5.5	6.21
8	木工平刨		1	7.5	3.28
9	木工压刨		1	7.5	3.28
10	木工电锯		1	4.5	3.28
11	蛙式打夯机		1	1.5	3.1
12	塔吊	25t-m	1		4.20
13	钢筋加工机			集中加工	
14	井架	30 m 高	1		6.2
15	机动翻斗车	1 t	1		3.24

表 7-21 劳动力需要量计划表

序号	工种	单位	数量	进场日期
1	普工	人	30	3.1
2	混凝土工	人	20	3.24
3	瓦工	人	20	4.5
4	木工	人	15	3.28
5	钢筋工	人	10	3.26
6	粉刷工	人	40	6.19
7	磨石子工	人		
8	油漆工	人	15	7.15
9	柏油工	人	15	6.19
10	电焊工	人	1	3.26
11	白铁工	人	1	7.11
12	玻璃工	人	3	7.15
13	机械工	人	4	3.1
14	架子工	人	5	3.30

三、施工进度计划及主要材料、半成品、设备需要量计划

施工进度网络图见图 7-27。

四、施工平面图

本工程系某住宅小区中的一幢宿舍楼,小区施工期间的临时设施在全工地施工总平面图设计时已统一考虑。本工程施工平面图着重解决机械布置,主要建筑材料、半成品的堆放位置以及水、电的引进,详见图 7-26。

第八章 施工组织设计的贯彻、调整和竣工验收及回访保修

第一节 施工组织设计的贯彻和调整

施工组织设计是指导拟建工程施工全过程各项活动的技术、经济和组织综合性文件。它是由工程技术人员从技术经济角度出发,根据建筑产品的生产特点,对人员、资产、材料、机械和施工方法进行科学合理的安排,对施工各项活动作出全面规划和布置,使工程得以有组织、有计划、有条不紊的施工,达到相对的最佳效果。

用施工组织设计指导施工,是一个科学的管理方法。我国多年的基本建设施工经验证明,拟建工程的施工组织设计编制得合理,并且在施工过程中认真贯彻执行,才能保证施工的顺利进行,取得好、快、省和安全的效果,早日发挥基本建设投资的经济效益和社会效益。但是,过去有些施工组织设计确实存在脱离实际和繁琐等问题,因而没有起到指导施工生产的作用。结合我国目前的施工水平,有必要再次强调施工组织的作用,纠正没有施工组织设计就盲目施工,造成施工混乱,经济效益不高和工程质量下降,甚至出现工程事故等现象。同时也要纠正将施工组织设计只作为形式的现象。

在编制和贯彻施工组织设计时需注意下列几个问题:

1. 选定合适的施工组织设计编制负责人

为了保证编制的质量和效率,确定编制负责人至关重要,要尽可能挑选通晓工程技术和

管理技术,具有一定经济知识,又了解设计技术,并具有较丰富施工经验的技术人员来承担。

2. 编制施工组织设计必须密切结合实际

编制施工组织设计前除要认真熟悉图纸,熟悉有关施工规范、设计文件外,还要实地查看施工现场,摸清施工现场各方面的情况。在选择施工方案时,更要集思广益,多方面征求意见,如征求机械化施工公司、预制构件厂、材料供应部门、运输部门、建设单位及设计单位等部门的意见。这样,拟定出的施工方案则是参加施工的基层技术人员和相关部门的管理

人员共同研究、协商的结果,这就为它的贯彻实施创造了有利条件。

3. 严格审批程序

施工组织设计编制后,需按规定逐级审批,审批后才能生效。审批的目的在于保证质量和更有效地指挥生产。

4. 不搞形式主义

编制施工组织设计,应根据工程对象、性质、大小、结构复杂程度,现场条件的不同情况,突出重点进行编制。不要千篇一律。施工组织设计是直接指导施工的文件,不能只追求形式,更不能仅作为取得工程承包任务的一种手段。

5. 既抓编制,又抓贯彻

施工组织设计批准后,需要层层交底。交底应有文字记录,作为工程档案资料。交底的目的在于使工人和基层技术人员个个心中有数,形成人人把关(质量、进度、安全)的局面。

6. 制订各项管理制度

施工组织设计能否顺利贯彻,主要取决于施工企业的技术素质及经营管理水平。而企业的各项管理制度健全与否,正是企业素质和水平的具体体现。只有企业有了科学健全的管理制度,正常的生产秩序才能维持,工程质量才能保证,劳动生产率才能提高,可能出现的事故才能防止。因此,企业必须建立、健全各项管理制度,以保证施工组织设计的顺利实施。

7. 推行技术经济承包制度

为了更好地贯彻施工组织设计,应该推行技术经济承包制度,开展劳动竞赛,把施工过程中的技术经济责任同职工的物质利益结合起来。如开展全优工程竞赛、推行全优工程综合奖、节约材料奖和技术进步奖等。这样做对于全面贯彻施工组织设计是十分必要的。

8. 及时做好修改、调整和补充工作

施工组织设计只是为实施拟建工程项目的生产过程提供了一个可行的理想方案,这是一个静态平衡的方案,而工程项目的生产过程则是一个动态的经常处于不平衡状态的过程。因此,现代化管理的特点即在于它不是静态的“一矢中的”式的管理机制,而是动态的“老鹰抓兔”式的管理机制。

影响建筑施工生产活动的因素甚多,这就要求我们:一方面要严格按照施工组织设计提出的要求,做好施工前的一切准备工作,保证施工组织设计的稳定性;另一方面,由于预见不到施工全过程的发展和变化,因此,必须经常根据现场实际情况,结合它的变化和发展,不断地进行修正和平衡,才能保证施工的顺利进行。

第二节 建筑工程竣工验收和交付使用

一、竣工、竣工验收和交付使用(交接)的概念及其意义

(一)概念

工程项目的竣工是指工程项目按照设计要求和甲、乙双方签订的工程合同所规定的建设内容、工期和质量要求已全部完成,工程项目已具备使用条件,经验收鉴定合格后,可以正式移交给使用单位的工程项目。

工程项目的竣工验收乃是指监理工程师根据承包单位提交的竣工验收申请报告,组织业主和设计、施工等单位进行的验收工作。竣工验收又有施工项目竣工验收与建设项目竣工验收之分。施工项目竣工验收是建设项目竣工验收的第一阶段,可称为初步验收或交工验收,其含义是建筑施工企业完成其承建的单项工程后,接受建设单位的检验,合格后向建设单位交工。建设项目竣工验收又称动用验收,是指建设单位在建设项目按批准的设计文件所规定的内容全部建成后,向使用单位(国有资金建设的工程向国家)交工的过程。

施工项目验收和建设项目验收的区别比较见表 8-1。当建设项目规模较小、较简单时,可把施工项目验收与建设项目验收合为一次进行。

表 8-1 两种竣工验收的比较

验收类别	验收时间	验收主体	参加验收单位	验收目的	验收对象	两种验收关系
建设项目竣工验收	建设项目建成后	使用单位 (国家)	建设单位、验收委员会	移交固定资产	整体项目验收	动用验收
施工项目竣工验收	单项工程完工后	建设单位	建设、设计、施工单位	移交建筑安装工程	单项工程(部分工程)验收	初步验收

工程项目的竣工验收包括工程实体和技术档案资料两个方面。

工程项目的交付使用(交接)乃是指监理单位协助承包单位与业主进行移交项目所有权的过程。

工程项目的交接是建立在竣工验收基础上的时间过程。

竣工、竣工验收、交接三者之间的关系如图 8-1 所示。

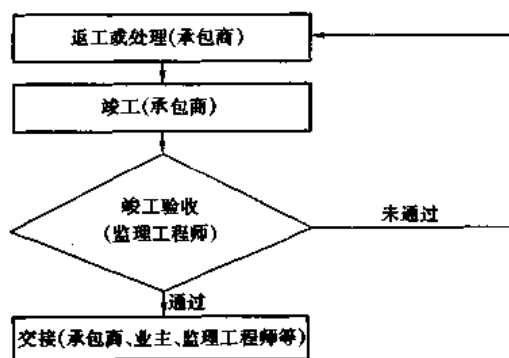


图 8-1 竣工、竣工验收、交接三者间的关系

(二)意义

工程项目竣工验收是工程建设的一个主要阶段,也是工程建设的最后一个阶段。这一阶段是工程建设向生产(使用)转移的必要环节;是全面检验工程建设是否符合设计要求和施工质量的重要环节;也是检查承包合同执行情况,促进建设项目及时投产和交付使用,发挥投资效果的主要环节。因此,它是建设投资效果转入生产(使用)的标志。同时,通过竣工验收,总结建设经验,全面考核建设成果,可为今后的建设工作积累经验。

对承包企业来说,竣工验收意味着该项工程的施工任务宣告结束,解除了工程合同中承担的经济和法律责任。

对竣工验收中发现问题,则可在限期内完成修复;同时整理和编制有关工程的技术档案,编目归档,作为今后改造维修的依据。

二、竣工验收的程序

工程项目的竣工验收,可参考图 8-2 所示的工作程序进行。

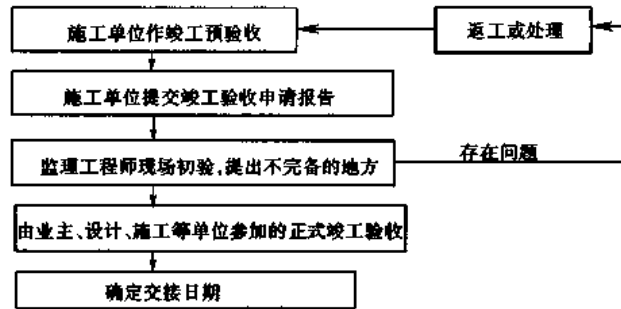


图 8-2 竣工验收程序

三、竣工验收的准备工作

施工单位应做好如下几项准备工作:

1. 及时完成收尾工程

收尾工程是指整个工程接近交工时,尚有部分零星分散、工程量少但分布面广的项目尚未完成。

形成收尾工程的原因大致为:

- (1) 工种配合不当或大面积施工后遗留下来的;
- (2) 设计变更所致;
- (3) 设备型号未定或未按期到现场而致;
- (4) 需要质量加固返修的项目;
- (5) 受自然条件影响的项目;
- (6) 施工管理不善(成品保护不到位)所致;
- (7) 设备安装后的遗留、修补项目;
- (8) 大量现场清理拆除工作。

收尾工程的特点是零星、分散、工程量少,但分布面广,如果不及时完成,将会直接影响项目的竣工验收及投产使用。

做好收尾工程,项目经理要组织有关人员逐层、逐段、逐部位、逐房间摸清收尾工程项目,一旦发现,必须立即制定作业计划,确定专人定期解决,并有专人逐项进行对照检查。

2. 竣工验收资料的准备

竣工验收资料 and 文件是工程项目竣工验收的重要依据,必须从开工时就完整地积累、保管和整理,并由专人负责,竣工验收前则应编目建档。

3. 竣工验收的预验收

预验收是初步鉴定工程质量,避免竣工进程拖延,保证工程项目顺利移交的不可缺少的工作。通过预验收,可及时发现遗留问题,事先予以返修、补修。

四、竣工验收的要求和标准

根据国家计委“计建设[1990]1215号《建设项目(工程)竣工验收办法》”的规定,建设项目进行竣工验收必须符合以下要求:

- (1)生产性项目和辅助性公用设施,已按设计要求建完,能满足生产使用;
- (2)主要工艺设备配套设施经联动负荷试车合格,形成生产能力,能够生产出设计文件所规定的产品;
- (3)必要的生活设施,已按设计要求建成;
- (4)生产准备工作能适应投产的需要;
- (5)环境保护设施、劳动安全卫生设施、消防设施已按设计要求与主体工程同时建成使用。

有的建设项目(工程)基本符合竣工验收标准,只是零星土建工程和少数非主要设备未按设计规定的内容全部建成,但不影响正常生产,亦应办理竣工验收手续。对剩余工程,应按设计留足资金,限期完成。有的项目投产初期一时不能达到设计能力所规定的产量,不应因此拖延办理验收和移交固定资产手续。

有些建设项目和单项工程,已形成部分生产能力或实际上生产方面已经使用,近期不能按原设计规模续建的,应从实际出发,可缩小规模,报主管部门(公司)批准后,对已完成的工程和设备,尽快组织验收,移交固定资产。

国外引进设备项目,按合同规定完成负荷调试,设备考核合格后,进行竣工验收。

已具备竣工验收条件的项目(工程),三个月内不办理验收投产和移交固定资产手续的,取消企业和主管部门(或地方)的基建试车收入分成,由银行监督全部上交财政。如三个月内办理竣工验收确有困难,经验收主管部门批准,可以适当延长期限。

五、竣工验收的步骤

一般小型工程项目,按设计要求和甲、乙双方签订的工程合同所规定的建设内容、工期和质量要求建成后,即可由业主(监理工程师)组织承包单位和设计单位进行正式竣工验收。

对于大中型项目的竣工验收一般分为两个阶段进行,即单项工程验收和全部验收。

1. 单项工程验收

单项工程的竣工验收是指在一个总体建设项目中,一个单项工程或一个完整的生产工艺系统的工程完工后,具备独立进行生产活动或具备使用条件,且承包单位已预验,监理工程师已初验通过,在此条件下进行的正式竣工验收。

由几个建筑安装企业负责施工的单项工程,当其中某一个企业所负责的部分已按设计完成,也可组织正式竣工验收,以免相互耽误时间。例如,自来水管的进水口工程,其中钢筋混凝土沉箱和下水顶管是基础公司承担施工的,泵房土建则由建筑公司承担,建筑公司是总包单位,基础公司是分包单位,基础公司负责的单体施工完毕后,即可办理正式竣工验收。

对于建成的住宅可分幢进行正式竣工验收。例如,一个住宅小区一部分住宅已按设计要求内容全部建成,另一部分还未建成,则可将已建成具备居住条件的住宅进行正式竣工验收,以便及早交付使用,提高投资效益。

2. 全部验收

全部验收是指整个建设项目已按设计要求全部建设完成,并已符合竣工验收标准,承包单位预验通过,监理工程师初验已认可,此时即可组织以建设单位为主,有设计、施工等单位参加的正式竣工验收。

在整个建设项目进行全部验收时,对已验收过的单项工程,可不再进行验收和办理验收

手续,但应将单项工程验收单作为全部验收的附件而加以说明。对于某些大型联合企业,因全部建成时间很长,对其中重要的工程,如宝山钢铁总厂的炼焦厂,金山石化总厂的发电厂、水厂等,也应按照整个项目全部验收的办法进行正式竣工验收,因为这些建设项目如果从大型联合企业中独立出来,其本身就包含了许多单项工程,并且建成后能独立发挥作用。

六、竣工验收的依据

1. 上级主管部门批准的设计纲要、设计文件、施工图纸和说明书;
2. 设备技术说明书;
3. 招标文件和工程合同;
4. 图纸会审记录、设计修改鉴证和技术核定单;
5. 现行的施工技术验收标准及规范;
6. 协作单位协议;
7. 有关质保文件和技术资料;
8. 建筑安装工程统计规定;
9. 对从国外引进新技术或成套设备的项目,还应按照引进技术的国内第一商家与外商签订的合同和国外提供的设计文件等资料进行验收。

七、工程项目的交付使用(交接)

如前所述,交接是建立在竣工验收基础上的。在市场经济条件下,我国投资主体出现了多元化的现象,破除了过去国家投资的单一模式,因此工程项目的竣工验收与交接也发生了变化。目前,我国工程项目的竣工验收与交接主要有三类:

(一)个人投资项目

此类项目只需监理工程师验收之后,由监理工程师协助承包单位与投资者(业主)进行交接即可。

(二)企业投资项目

验收与交接是在承包单位与企业的法人代表之间进行的。

(三)国家投资项目

1. 中、小型项目

一般是地方政府的某个部门担任业主的角色,例如,可能是当地的建委、城建局或其他单位作为业主,此时项目的竣工验收与交接也是在承包单位与业主之间进行。

2. 大型项目

通常也是委托地方政府的某个部门担任建设单位(业主)的角色,但建成后的所有权属国家(中央),这时的项目竣工验收与交接有以下两个层次:

(1)承包单位向建设单位的竣工验收与交接:一般是项目竣工,并通过监理工程师的竣工验收之后,由监理工程师协助承包单位向建设单位进行项目所有权的交接。

(2)建设单位向国家的验收与交接:通常是在建设单位接受竣工的项目并投入使用一年之后,由国家有关部委组成验收小组进驻项目所在地,在全面检查项目的质量和使用情况之后进行验收,并履行项目移交手续。此时,监理工程师一般已完成了委托合同的工作内容,因而验收与交接是在国家有关部委与当地的建设单位之间进行。

在办理工程项目交接前,承包单位要编制竣工结算书,以此作为向建设单位结算最终拨付的工程价款的依据。

八、工程项目竣工验收资料

工程项目竣工验收资料作为工程档案是建设项目的永久性技术文件,是建设单位生产(使用)、维修、改造、扩建的重要依据,也是对建设项目进行复查的依据。

(一)工程项目竣工验收的资料主要内容:

1. 开工报告及开工执照;
2. 竣工工程一览表;
3. 地质勘察资料;
4. 工程竣工图,施工图会审记录,工程设计变更记录,施工变更洽商记录(如果建设工程项目为保密工程,工程竣工后还需将全部图纸和资料交付建设单位,施工单位不得复制图纸);
5. 永久性水准点和坐标位置,建筑物、构筑物基础深度的测量记录;
6. 上级主管部门对该工程有关的技术规定文件;
7. 工程所使用的各种重要原材料、成品、半成品、预制加工构件以及各种设备或装置的检验记录或出厂证明文件;
8. 灰土、砂浆、混凝土等的试验记录;
9. 新工艺、新材料、新技术、新设备的试验、验收和鉴定记录或证明文件;
10. 一切特殊的施工项目的试验或检查记录文件;
11. 各种管道工程、钢筋、金属件等的埋设和打桩、吊装、试压等隐蔽工程的检查和验收记录;
12. 电气工程线路系统的全负荷试验记录;
13. 生产工艺设备的单体试车、无负荷联动试车、有负荷联动试车记录;
14. 地基和基础工程检查记录;
15. 防水工程(主要包括地下室、厕所、浴室、厨房、外墙防水体系、阳台、雨篷、屋面等)的检查记录;
16. 结构工程的检查记录和历次中间检查记录;
17. 工程施工过程中发生的质量事故记录,包括发生事故的部位、程度、原因分析及处理结果等有关文件;
18. 工程质量等级评定记录;
19. 建筑物和构筑物的沉降、变形的观测记录;
20. 设计单位(或会同施工单位)提出的对建筑物、构筑物、生产工艺设备等使用中应注意事项的文件;
21. 工程竣工验收报告、工程竣工验收证明文件;
22. 其它需要向建设单位移交的有关文件和实物照片。

(二)工程项目竣工验收资料的要求和移交办法

凡是移交的资料,必须做到真实、完整、有代表性,能如实地反映工程和施工中的情况。这些资料不得擅自修改,更不得伪造。同时,凡移交的资料,必须按照技术管理权限,经过技

术负责人审查签认;对曾存在的问题,评语要确切,经过认真的复查,并做出处理结论。

工程项目资料移交时,要编制《工程档案资料移交清单》,双方按清单查阅清楚。移交后,双方在移交清单上签字盖章。移交清单一式两份,双方各自保存一份,以便查对。

第三节 工程的回访和保修

建筑工程实行质量回访保修制度。建筑工程的回访保修制度是建筑工程在竣工验收交付使用后,在一定的期限内由施工单位主动到建设单位或用户进行回访,对工程发生的确实是由施工单位施工责任造成的建筑物使用功能不良或无法使用的问题,由施工单位负责修理,直至达到正常使用的标准。

建筑工程的回访保修制度,体现了工程项目承包者对工程项目负责到底的精神,体现了社会主义施工企业“为人民服务,对用户负责”的宗旨。早在1983年,国家计委颁发的《施工企业为用户负责守则》中明确规定了,施工企业必须做到:施工前为用户着想,施工中对用户负责,竣工后让用户满意,“积极搞好‘三保’(保试运,保投产,保使用)和回访保修”。所有施工企业必须贯彻这一精神,并在工程项目竣工验收交付使用后,认真进行回访和保修。

一、保修的范围

各种类型的建筑工程以及建筑工程的各个部位,都应该实行保修,主要是指那些由于施工单位的责任,或者特别是由于施工质量不良而造成的问题都属于保修范围。如:

1. 屋面漏雨、渗水;
2. 烟道、排气孔道、风道不通;
3. 室内地平空鼓、开裂、起砂、面砖松动,有防水要求的地面(如厕所、厨房、盥洗室等)渗水、漏水;
4. 内外墙及顶棚抹灰、面砖、墙纸、油漆等饰面胶落,墙面表层起碱脱皮;
5. 门窗开关不灵或缝隙超过规范规定;
6. 厕所、厨房、盥洗室地面泛水倒坡积水;
7. 外墙板漏水,阳台积水;
8. 水塔、水池、有防水要求的地下室渗水、漏水;
9. 室内上下水、供热系统管道漏水、漏气,暖气不热,电器、电线漏电,照明灯具坠落;
10. 室外上下水管道漏水、堵塞,小区道路沉陷;
11. 钢、钢筋混凝土、砖石砌体结构及其它承重结构变形、裂缝超过国家规范和设计要求。

二、保修时间

建筑工程的保修期自办理交工手续之日起计算,其保修期如下:

1. 民用与公共建筑、一般工业建筑、构筑物的土建工程为一年;
2. 建筑物的照明电气、上下水管线安装工程为六个月;
3. 建筑物的供热、供冷系统为一个采暖、供冷期;
4. 室外的上下水和小区道路为一年;

5. 工业建筑的设备、电器、仪表、工艺管线和有特殊要求的工程,其保修内容和期限,由使用单位和施工单位在合同中规定。

三、保修期间的质量责任划分原则

1. 凡是施工单位未按“规范”、“规程”、“标准”和设计要求施工,造成的质量问题由施工单位负责。

2. 凡是由于用户使用不当而造成建筑功能不良或损坏者,不属于保修范围,由使用单位自行负责。

3. 属于设计问题造成的质量缺陷,由设计单位负责处理。

4. 因建筑材料、构配件和设备质量不合格引起的质量缺陷,属于施工单位负责采购的,施工单位承担责任;属于建设单位采购,但施工单位提出异议而建设单位坚持使用的,由建设单位承担经济责任。

5. 因地震、洪水、台风等不可抗力或自然灾害造成的质量事故,施工单位、设计单位、监理单位不承担经济责任。

施工单位自接到保修通知书之日起,要求最迟在 7 日内到达现场与业主共同商议返修内容。

参 考 文 献

- [1] 谢尊渊主编. 建筑施工. 第三版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998
- [2] 中国建筑学会建筑统筹管理研究会. 中国网络计划技术大全. 北京: 地震出版社, 1993
- [3] 钱昆润主编. 建筑施工与管理实用手册. 南京: 东南大学出版社, 1991
- [4] 钱昆润主编. 建设监理工程师手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994
- [5] 北京统筹法研究会. 统筹法与施工计划管理. 北京: 中国建筑工业出版社, 1984
- [6] 杜训, 钱昆润. 建筑技术经济与企业管理现代化. 南京: 江苏科学技术出版社, 1987
- [7] 丁士昭, 钱昆润. 算法语言与网络计划程序设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 1983
- [8] 江景波等. 网络计划的计算与实例. 上海: 上海科学技术出版社, 1983
- [9] 葛震明, 钱昆润等译. 统筹方法译文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981
- [10] 钱昆润等. 简明监理师手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- [11] 彭圣浩主编. 建筑工程施工组织设计实例应用手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987
- [12] 刘金昌, 李忠富, 杨晓林主编. 建筑施工组织与现代管理. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- [13] 全国建筑施工企业项目经理培训教材编写委员会. 施工组织设计与进度管理. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- [14] 全国监理工程师培训教材编写委员会. 工程建设进度控制. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- [15] 田振郁主编, 黎冰副主编. 工程项目管理实用手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991