

主 编 高民欢

副主编 王书斌 杨广庆

工程项目施工组织设计 原理及实例

GONGCHENG
XIANGMU
SHIGONG
ZUZHI SHEJI
YUANLI JI SHILI

中国建材工业出版社

工程项目施工组织设计原理及实例

主 编 高民欢

副主编 王书斌 杨广庆

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程项目施工组织设计原理及实例/高民欢主编.

北京: 中国建材工业出版社, 2003. 10

ISBN 7-80159-524-6

I. 工... II. 高... III. 建筑工程-施工组织
IV. TU721

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 087010 号

工程项目施工组织设计原理及实例

主 编 高民欢

副主编 王书斌 杨广庆

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 15.25 插图 1

字 数: 390 千字

版 次: 2004 年 2 月第 1 版

印 次: 2004 年 2 月第 1 次

印 数: 1 ~ 3000 册

书 号: ISBN 7-80159-524-6/TU·264

定 价: 28.00 元

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 68345931

前 言

工程项目施工组织设计是对拟建工程项目在技术和组织、时间和空间、人力和物力等方面所作的全面合理的安排,是根据业主对工程项目的各项要求确定的经济、合理、有效的施工方案,切实可行的施工进度,合理有效的技术组织措施和资源组织优化,以及合理布置施工现场空间。因此只有通过合理的施工组织设计才能对工程项目的施工进行合理、科学、经济的规划,以保证工程项目能够连续、均衡、协调地进行施工,满足工程项目对质量、工期和投资等各方面的要求。

本书以系统工程原理、生产函数理论、网络计划技术、流水作业组织原理和劳动组织优化理论为基础,系统阐述了工程项目施工组织设计的原理,详细介绍了工程项目施工组织设计编制的内容、方法与程序以及工程项目施工组织设计文件的内容与编制原则和程序。为便于应用,我们选择编辑了公路、铁路、工业与民用建筑三种不同类型的工程项目的施工组织设计实例,以供参考。

本书由高民欢主编,王书斌、杨广庆副主编,高民欢统稿。编写分工为:高民欢编写第一章、第二章;王书斌编写第三章、第四章;杨广庆编写第五章、第六章第三节;张新宇编写第六章第一节;张保俭编写第六章第二节。

由于编者水平有限,书中难免有不妥甚至错误之处,敬请读者批评指正。

向为本书的编写提供资料的单位和个人表示深深的谢意!

编 者
2003.11

目 录

第一章 施工组织设计概论	1
1.1 施工组织设计概述	1
1.2 施工组织设计与施工成本的关系	2
第二章 工程项目施工组织设计原理	6
2.1 系统工程原理	6
2.2 生产函数理论	9
2.3 网络计划技术	11
2.4 流水作业组织原理	57
2.5 劳动组织优化原理	76
第三章 工程项目施工组织设计编制	78
3.1 工程项目施工组织设计种类	78
3.2 工程项目施工组织设计内容	81
3.3 工程项目施工方案制定的原则和内容	83
3.4 工程项目施工进度编制的方法与步骤	87
3.5 工程项目施工生产要素的优化与管理	89
3.6 工程项目施工场地平面布置原则及内容	106
第四章 工程项目施工组织设计编制程序	111
4.1 概述	111
4.2 工程项目施工组织总设计的编制	113
4.3 单位工程施工组织设计的编制	118
4.4 竞标性施工组织设计的编制与管理	128
第五章 工程项目施工组织设计文件编制	134
5.1 工程项目施工组织设计文件基本内容与要求	134
5.2 工程项目施工组织设计文件的组成	138
5.3 工程项目施工组织设计文件的编制要求	141
5.4 工程项目施工组织设计文件的编制程序	143
第六章 工程项目施工组织设计实例	151
6.1 公路工程施工组织设计实例	151
6.2 铁路工程施工组织设计实例	174
6.3 工业与民用建筑工程施工组织设计实例	219
主要参考文献	238

第一章 施工组织设计概论

施工企业承揽到工程项目后,就要按照合同的内容和要求组织施工生产。施工企业首先要进行的是编制工程项目施工组织设计。它是项目的总体规划,是针对施工过程的复杂性,用系统工程的思想并遵循技术经济规律,对拟建工程的各阶段、各环节以及所需的各种资源进行统筹安排的计划管理行为。它努力使复杂的生产过程,通过科学、经济、合理的规划安排,以确保工程项目能够连续、均衡、协调地进行施工,满足工程项目对工期、质量及投资方面的各项要求。因此,必须在开工前根据施工现场的具体条件及合同工期的要求、劳动力的调配情况、施工机械的装备程度、物资材料供应情况、预制构件的生产情况、运输能力、气候和水文地质等各项具体条件,从全局出发,统筹安排,在多种经济可行方案中选出最佳方案,用以指导全部的生产活动。

1.1 施工组织设计概述

一、施工组织设计的概念

施工组织设计是指导拟建工程项目进行施工准备和正常施工的基本技术经济文件,是对拟建工程在人力和物力、时间和空间、技术和组织等方面所做的全面合理的安排。

施工组织设计作为指导拟建工程项目的全局性文件,应尽量适应施工过程的复杂性和具体施工项目的特殊性,并且尽可能保持施工生产的连续性、均衡性和协调性,以实现生产活动的最佳经济效益。

施工过程的连续性是指施工过程的各阶段、各工序之间,在时间上具有紧密衔接的特性。保持施工过程的连续性,可以缩短施工周期、保证产品质量和节约流动资金占用。施工过程的均衡性是指工程项目的施工单位及其各施工环节,具有在相等的时段内产出相等或稳定递增的特性,即施工生产各环节不出现前松后紧、时松时紧的现象,亦即施工过程应当是均衡的。保持施工过程的均衡性,可以充分利用设备和人力,减少浪费,可以保证生产安全和产品质量。施工过程的协调性,也称施工过程的比例性,是指施工过程的各阶段、各环节、各工序之间在施工机具、劳动力的配备及工作面积的占用上保持适当比例关系的特性,即施工过程应当是协调的。施工过程的协调性是施工过程的连续性的物质基础。施工过程只有按照连续生产、均衡生产和协调生产的要求去组织,才能顺序地进行。

施工组织设计的基本任务是根据业主对工程项目的各项要求,选择经济、合理、有效的施工方案;确定合理、可行的施工进度;拟定有效的技术组织措施;采用最佳的劳动组织,确定施工中劳动力、材料、机械设备等需要量;合理布置施工现场的空间,以确保全面高效地完成最终工程产品。

二、施工组织设计的作用

工程项目施工组织设计是对项目实行科学管理的重要手段,是项目施工不可缺少的部

分。通过编制施工组织设计可以根据施工的各种具体条件制定拟建工程的施工方案、施工顺序、施工方法、劳动组织和技术组织措施；可以确定施工进度，保证拟建工程项目按照合同预定的工期完成；可以在开工前使项目经理和其他管理及技术人员了解到工程项目所需材料、机具和人力的数量及使用的先后顺序；可以合理安排临时建筑物和构筑物，并和材料、机械设备等一起在施工现场上作合理的布置；可以预计到施工中可能发生的各种情况，事先就能做好准备工作，还可以把工程的设计与施工、技术与经济、前方与后方、整个施工单位的施工安排和具体工程的施工组织更紧密地联系起来。这样，在项目经理的领导下，就能对施工项目进行全面系统的管理。

总之，施工组织设计在每项工程项目中都具有重要的规划、组织和指导作用，具体表现在：

(1) 施工组织设计是施工准备工作的一项重要内容，同时又是指导各项施工准备工作的依据。

(2) 施工组织设计可体现基本建设计划和设计的要求，可进一步验证设计方案的合理性与可行性。

(3) 施工组织设计为拟建工程所确定的施工方案、施工进度和施工顺序等，是指导开展紧凑、有秩序施工活动的技术依据。

(4) 施工组织设计所提出的各项资源需要量计划，直接为物资供应工作提供数据。

(5) 施工组织设计对现场所作的规划与布置，为现场的文明施工创造了条件，并为现场平面管理提供了依据。

(6) 施工组织设计对施工企业的施工计划起决定和控制性的作用。施工计划是根据施工企业对建筑市场所进行科学预测和中标的结果，结合本企业的具体情况，制定出的企业不同时期应完成的生产计划和各项技术经济指标。而施工组织设计是按具体的拟建工程的开竣工时间编制的指导施工的文件。因此，施工组织设计与施工企业的施工计划两者之间有着极为密切、不可分割的关系。施工组织设计是编制施工企业施工计划的基础，反之，制定施工组织设计又应服从施工企业的施工计划，两者是相辅相成、互为依据的。

(7) 施工组织设计是统筹安排施工企业生产的投入与产出过程的关键和依据。工程产品的生产和其他工业产品的生产一样，都是按要求投入生产要素，通过一定的生产过程，而后生产出成品，而中间转换的过程离不开管理。施工企业也是如此，从承担工程任务开始到竣工验收交付使用为止的全部施工过程的计划、组织和控制的基础就是科学的施工组织设计。

(8) 通过编制施工组织设计，可充分考虑施工中可能遇到的困难与障碍，主动调整施工中的薄弱环节，事先予以解决或排除，从而提高了施工的预见性，减少了盲目性，使管理者和生产者做到胸中有数，为实现建设目标提供了技术保证。

1.2 施工组织设计与施工成本的关系

一、施工成本的概念

施工成本是指施工企业以施工项目作为成本核算对象的施工过程中所耗费的生产资料转移价值和劳动者的必要劳动所创造的价值的货币形式。亦即某施工项目在施工中所发生的全部生产费用的总和，包括所消耗的主、辅材料，构配件，周转材料的摊销费或租赁费，施工机械的台班费或租赁费，支付给生产工人的工资、奖金以及项目经理部（或分公司、工程

处)一级为组织和管理工程施工所发生的全部费用支出。施工成本不包括劳动者为社会所创造的价值(如税金和计划利润),也不应包括不构成施工项目价值的一切非生产性支出。

施工成本是施工企业的主要产品成本,一般以项目的单位工程作为成本核算对象,通过各单位工程成本核算的综合来反映施工成本。

在施工项目管理中,最终是要使项目达到质量高、工期短、消耗低、安全好等目标,而施工成本是这四项目标经济效益的综合反映。因此,施工成本是施工项目的核心。

二、施工组织设计与施工成本的关系

目前大多数施工企业在编制工程项目施工组织设计时,容易存在以下问题:重施工方法、设备需要的数量和施工技术的先进性,轻施工组织设计、设备配置的选择和施工方案的经济性。在施工组织设计制订的施工方案实施过程中很少根据现场实际情况或出现的各种问题及时修改、调整,而是一次性编制后不再变动的静态方案;制订的施工方案也只有一个,不能进行多方案比较,施工方案、施工进度、施工成本三者严重脱节,致使施工方案失去指导施工的作用;制订的施工方案很少计算其工、料、机总费用,常出现确定的施工方案工、料、机总费用超过合同价,一旦实施就是亏损,亏损额只有项目完成后待做出决算时才能得知;在制订施工方案过程中,大量的数据处理都是手工操作完成的,其准确性、时间性都受到了限制。

避免施工组织设计与施工成本严重脱离的现象,必须是施工方案、施工进度与施工成本统一起来,亦即在制定施工方案时要考虑施工成本,安排施工进度时也要考虑施工成本。为此必须正确处理以下几种关系。

1. 施工方案与施工进度的关系

施工方案总有对应的施工进度。投入的资源不同其进度就有快慢之分,其中总有一个既符合合同工期的要求,资源组合投入又最少的施工方案。达到这样一个要求采用甘特法(即横道图法)编制施工进度是不易办到的,一般应用网络计划技术编制施工进度计划。施工进度与施工方案中安排的施工顺序和作业组织形式有密切的关系,而利用网络技术编制施工进度可以正确反映工程施工的先后顺序及搭接的逻辑关系,并能指出影响工期的关键线路和关键工作,也可调整施工方案投入的资源及改善作业组织和劳动组织及修改工序之间的关系,充分利用工作闲置时间组织连续施工或搭接施工,达到工序施工连续、工人施工连续,在不增加投入资源组合的条件下加快工期,从而可以使施工方案在符合工期的前提下投入的资源最少。因为应用网络计划技术编制施工进度计划可进行工期资源优化,当施工方案制定后根据投入的资源安排的施工进度满足不了合同工期时,在不增加资源的情况下,可以通过改善作业组织形式加快工期,以满足合同工期的要求;也可以利用总时差、自由时差,将非关键线路资源调到关键线路上,使工期缩短至符合合同工期要求。通过施工进度网络计划的优化,达到施工方案投入的资源最少,又能满足合同工期的要求。

2. 施工方案与施工成本的关系

施工方案包括施工方法、施工顺序、作业组织形式、投入项目的生产要素的组合以及降低成本、提高工程质量、加快工程速度、保证施工安全等各种技术措施。施工方案的制定及施工技术手段的采用,要考虑施工组织和经济方面的因素,施工方案的优劣直接影响施工成本的高低。选用经济手段对施工方案的优劣进行定量的评价比较,可以克服以往制定施工方案只考虑施工技术先进,很少考虑施工方案的施工成本高低和是否突破承包额的缺陷。确定

施工方案必须编制其施工成本的直接成本费用，然后与承包费用的直接成本进行比较。经比较后施工方案的直接成本费用小于承包额，施工方案可确定，否则重新修改和调整方案直到满足要求为止。

实践表明，在施工方案确定后影响施工成本的关键是机械的配备、机械类型的选择、机械组合的匹配以及在施工顺序和作业组织形式确定后劳动力的组织合理性。上述的组织是否科学合理直接影响能否充分发挥机械效率和劳动者的工作效率，二者效率的高低直接影响施

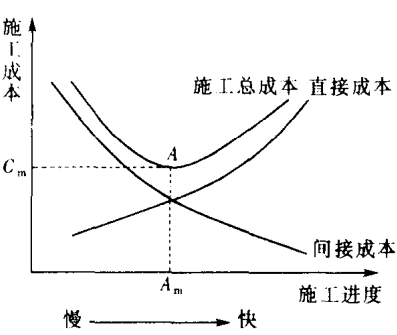


图 1-1 施工进度与施工成本的关系

工成本中的机械和人工费用的高低。因此，在保证安全的情况下，灵活调配现场施工机械，可有效地节约成本，降低施工费用。

3. 施工进度与施工成本的关系

施工进度的快慢与投入资源数量的多少有关，投入资源的数量多，施工进度就快，否则就慢，二者存在着相互依赖的关系，如图 1-1 所示。

从图 1-1 可以看出，施工进度越快，直接成本费用增加，施工成本费用也增加。 A_m 点施工进度对应的 C_m 点施工成本是最低的施工成本。 A_m 点的进度是合理的，在施工过程中应按这一原理安排施工进度，否则在经济上将会受到损失，增加施工成本。盲目加快施工进度不能及时验工计价，没有资金继续保证施工进行，筹集资金势必贷款，而贷款付利息加大了投资的时间价值投入，增大了施工成本。同时要求安排施工进度时只要满足合同工期要求，且施工成本等于或小于承包价的施工进度，才是合理的施工进度，亦即图 1-1 中 A_m 点附近的施工进度。

4. 建立施工方案、施工进度和施工成本的信息反馈系统

由施工方案、施工进度与施工成本构成的相互依存、相互制约的系统工程是一个完整的体系，必然会形成一个闭合的信息反馈系统，如图 1-2 所示。因此，只有正确处理施工组织设计与施工成本的关系，才能事先预测按照编制的施工组织设计指导施工所形成的盈利水平。从图中可以做到：①根据施工方案编制初始施工进度网络计划。若工期满足不了合同工期的要求，应修改制订的施工方案。然后按修改后的施工方案修改施工进度网络计划直至满足合同工期的要求为止。②根据修改后的施工进度网络计划中各工作投入的资源组合，计算出各工作的工、料、机总费用，即施工成本中的直接成本。若计算出的直接成本大于合同价直接成本，必须对修改后的施工进度网络计划、施工方案再进行修改，直到施工方案的工期、直接成本都满足合同工期、合同价格直接成本的要求为止。这时的施工方案为首选方案。

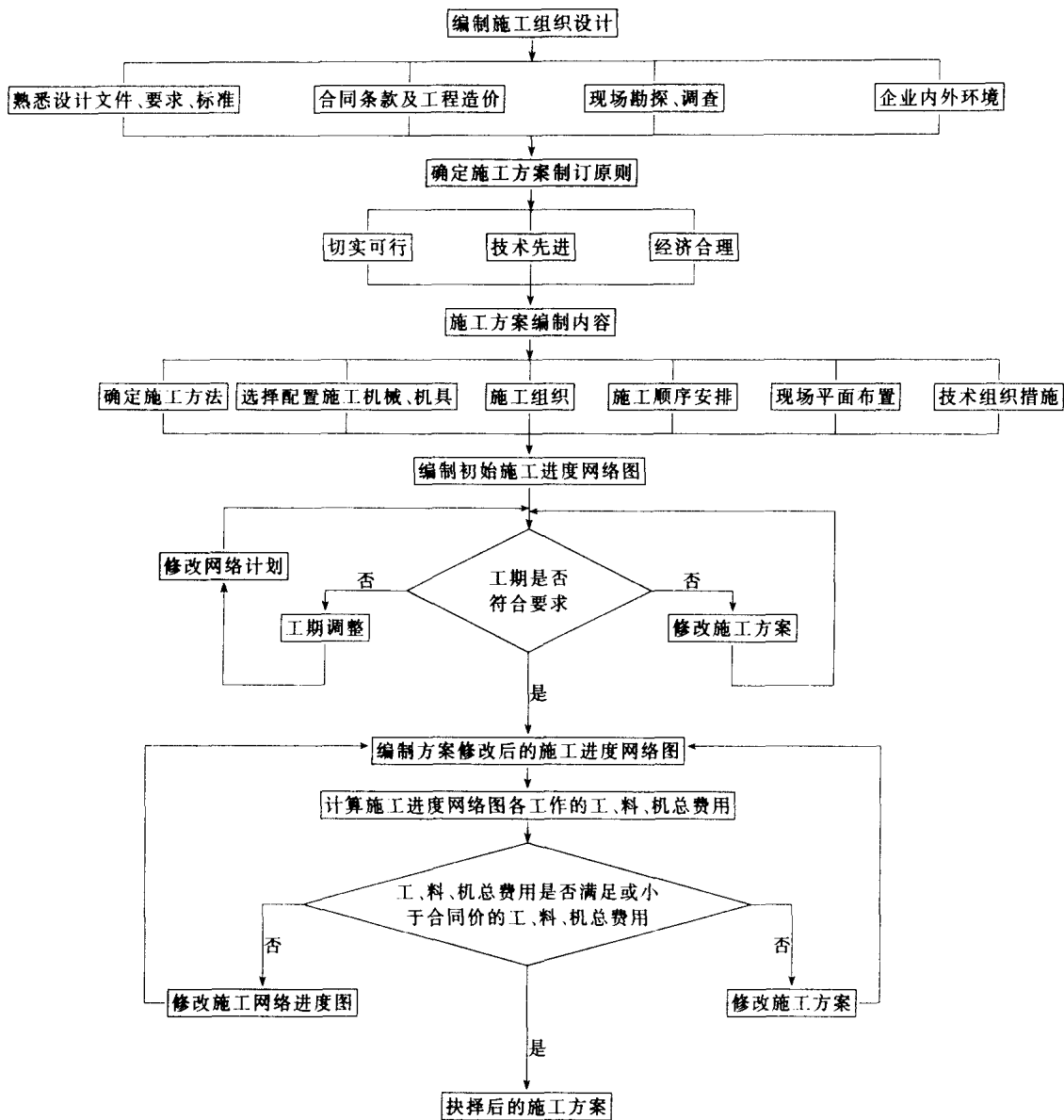


图 1-2 信息反馈系统

第二章 工程项目施工组织设计原理

2.1 系统工程原理

一、系统及系统特征

系统是指由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体。它具有以下四个特征：

(1) 整体性

系统至少由两个以上的可以相互区别的要素组成。系统的整体性主要表现为系统的整体功能，系统的整体功能不是各组成要素功能的简单迭加，不是由组成要素简单拼凑，而是呈现出各组成要素所没有的新功能。

(2) 相关性

系统内的各要素是相互作用而又相互联系的。整体性确定系统的组成要素，相关性则说明这些组成要素之间的关系。系统中任一要素与存在该系统中的其他要素是互相关联又是互相制约的，它们之间某一要素如果发生了变化时，则应对其他相关联的要素也要相应地改变和调整，以保持系统整体的最优状态。一个复杂系统是由许多相互依赖、相互制约的要素所组成的，同时也受到系统外部环境的影响。

(3) 目的性

人造系统是具有目的性的，而且通常不是单一的目的性。

由于复杂系统是具有多目标和多方案的，当组织规划这个错综复杂的大系统时，一般采用图解方式来描述目的与目的之间的相互关系。

(4) 环境适应性

环境的变化对系统有很大的影响，系统与环境是相互依存的，系统必然要与外部环境产生物质的、能量的和信息的交换，因此，系统必须适应外部环境的变化。能够经常与外部环境保持最佳适应状态的系统是理想的系统，不能适应环境变化的系统是难以存在的。一个企业必须经常了解同行企业的动向、用户和外贸的要求、市场需求等环境信息，并从许多经营方案中选取最佳决策，否则它就不能生存。系统所处的环境又是系统的限制条件或者称为约束条件，环境对系统的作用表现为对系统的输入，系统在特定环境下对输入进行工作，就产生了输出，把输入转变为输出，这就是系统的功能。

二、系统工程的基本概念

系统工程是用科学的方法规划和组织人力、物力、财力，通过最优途径的选择，使我们的工作在一定期限内收到最合理、最经济、最有效的成果。所谓科学的方法就是从整体观念出发，通盘筹划、合理安排整体中的每一个局部，以求得整体的最优规划、最优管理和最优控制，使每个局部都服从一个整体目标，做到人尽其才，物尽其用，以便发挥整体的优势，

力求避免资源的损失和浪费。

三、系统工程的技术内容

系统工程的技术内容极为广泛，它要广泛研究各类系统的特性和共性，也可以说系统工程是各专业组织管理技术的总称。

系统工程的主要技术内容有：

(一) 运筹学

运筹学既是一门理论科学，又是一门应用科学。运筹学所要解决的问题，是在既定条件下对系统进行全面规划，统筹兼顾，以期达到最优的目标。运筹学是系统工程的基础，系统工程则是这门科学理论的具体运用。有关运筹学问题的求解，往往需要复杂的计算，目前由于计算机的发展，使运筹学得到了广泛的应用。

运筹学的主要分支有：规划论、对策论、排队论、决策论、库存论、可靠性理论、网络计划法等。

(1) 规划论。主要研究对现有资源如何进行统一分配，全面安排，合理调度或最优设计等问题。一般可以归纳为在满足既定的要求下，按照某一衡量指标来寻求最优方案的问题，通常将必须满足的既定要求称为“约束条件”，将衡量指标称为“目标函数”。用数学语言来表达，就是求目标函数在一定约束条件下的极值（极大值或极小值）问题。当约束条件表示为线性等式或线性不等式，而目标函数表示为线性函数时，就称为“线性规划”，否则称为“非线性规划”，如果所考虑的规划问题与时间有关系，则称为“动态规划”。

(2) 对策论。又称为博弈论。它是运用数学方法来研究有利害冲突的双方在竞争性活动中是否存在一方制胜他方的最优策略，以及如何找出这些策略的问题。随着对策论的不断发展，不仅考虑只有双方参加的竞争活动，还考虑有多方参加的活动，在这些活动中，参加者不一定是完全对立的，还允许他们结成某种同盟。

(3) 排队论。这是一种用来研究用于公用服务系统工作过程的数学理论和方法。在这个系统中，服务对象何时到达及占用系统的时间长短均无法事先知道。这种随机聚散现象，可通过对每个个别的随机服务现象的统计研究，找出这些随机现象平均特性的规律，从而改进服务系统的工作能力。

(4) 决策论。它是运筹学的一个分支，用于经营管理工作进行系统状态的信息处理。根据这些信息，对可能选取的策略以及采取这些策略对系统状态所产生的后果进行综合研究，以便按照某种衡量准则来选取一个满意策略。

(5) 库存论。在经营管理工作，为了促进系统的有效运转，往往需要对元件、器材、设备、资金以及其他物资保持必要的储备。库存论就是研究在什么时间、以什么数量、从什么供应来源来补充这些储备，并使维持库存和补充采购的总费用最少。

(6) 可靠性理论。它是研究可靠性的方法，是应用数学的一个重要分支。如何将可靠性低的元件组成可靠性较高的系统，是可靠性理论的重要课题之一。

(7) 网络计划法。又名计划协调技术。它是一种计划管理的科学方法，以数理统计为基础，运用网络分析的方法，将构成计划目标的所有任务，按其相互的联系与时间关系组成统一的网络形式，再对网络的各项工作进行分析、预测，分清主次，明确关键，并在实施过程中随时进行调整。

(二) 概率论与数理统计学

概率论是研究大量偶然事件的基本规律的学科，广泛应用于概率型模型的描述。数理统计学是用来研究取得数据、分析数据和整理数据的方法。

（三）现代化科学管理技术

系统工程是组织管理“系统”的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法。它所面临的基本问题是：怎样把比较笼统的初始规划逐步地变成成千上万个参加规划者的具体工作，以及怎样把这些工作最终综合成一个技术上合理、经济上合算、研制周期短、能协调运转的实际系统，这样复杂的总体协调工作就需要运用现代化的科学管理技术。现代化的科学管理技术既是技术问题，更是一个经济问题，它是符合科学规律、运用先进的科学技术和经济思想，把整个生产管理组织起来的一门科学。

四、系统工程的方法

目前，论证比较全面而又有较大影响的系统工程的方法是美国学者霍尔提出的系统工程三维结构。系统工程三维结构就是将系统工程的活动，分为前后紧密连接的七个阶段和七个步骤，同时考虑到为完成各阶段和步骤所需要的各种专业知识。这样为解决规模较大，结构复杂，涉及因素众多的大系统提供了一个统一的思想方法。三维结构是由时间维、逻辑维和知识维组成的立体空间结构，如图 2-1 所示。

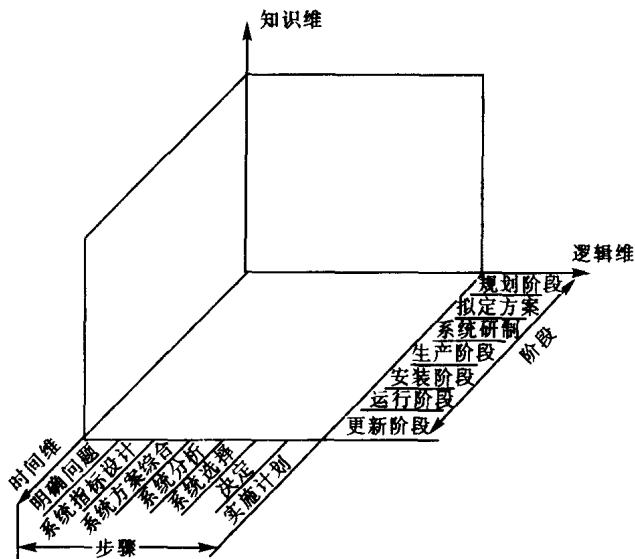


图 2-1 系统工程三维结构

三维结构中的时间维表示系统工程活动从规划阶段到更新阶段按时间排列的顺序，可分为七个工作阶段：

- （1）规划阶段。谋求活动的规划和战略。
- （2）拟定方案。提出具体的计划方案。
- （3）研制阶段。实现系统的研制方案，并制定生产计划
- （4）生产阶段。生产出系统的零部件及整个系统，并提出安装计划。
- （5）安装阶段。将系统安装完毕，并完成系统的运行计划。
- （6）运行阶段。系统按照预期的用途服务。
- （7）更新阶段。取消旧系统代之以新系统或改进原系统，使之更有效地进行工作。

三维结构中的逻辑维是对每一工作阶段，在使用系统工程方法来思考 and 解决问题时的思维过程，可分为下面七个步骤：

(1) 明确问题。通过系统调查尽量全面地收集和提供解决问题的有关资料和数据（历史的、现状的和未来的）。

(2) 系统指标设计。在问题搞清后，应该选择具体的评价系统功能的指标（目标），以利于衡量所有供选择的系统方案。

(3) 系统方案综合。主要是按照问题性质及总的功能（目标）要求形成一组可供选择的系统方案，方案中要明确所选系统的结构和相应参数。在系统方案综合时最重要的问题是自由地提出设想，而不应以任何理由加以限制。

(4) 系统分析。对可能入选的方案，通过比较进行精简，并对精简后的方案进一步说明其性能和特点以及其与整个系统的相互关系。为了对众多的备选方案进行分析比较，往往通过形成一定模型，把这些方案与系统的评价目标联系起来。

(5) 系统选择(最优化)。在一定的限制条件下，对多个人选方案总希望选择出最优者。在评价目标只有一个定量的指标，而且备选的方案个数不多时，容易从中确定最优者，但当备选方案数很多，评价目标有多个，而且彼此之间又有矛盾时，要选出一个对所有指标都为优的方案，一般是不可能的。这时必须在各个指标间有一定的协调，可使用多目标最优化方法来选出最优方案。

(6) 决定。由管理者根据更全面的要求，最后决定一个或极少几个方案予以试行。

(7) 实施计划。根据最后选定的方案，对系统具体实施。如果在实施过程中，进行得比较顺利或者遇到的困难不大，可略加修改和完善即可，并把它确定下来，那么整个步骤即告一段落；如果问题较多，这就要回到前面几个步骤中的任何一个，而重新做起。

2.2 生产函数理论

任何一种生产都是将投入的资源转化成产品的过程。投入的资源一般包括劳动、原料与资本。劳动投入包括熟练工人、不熟练工人以及管理经营人员。原料包括材料、电、水等。资本包括设备及厂房等。生产函数描述了生产过程中投入和相应产出的关系，它表示了每一投入资源组合都可能取得最大的产出。为简化起见，我们假定有两种投入即劳动和资本，用生产函数表示为：

Q = F(K,L) (2-1)

式中 Q——每一投入组合可能取得的最大产出；

L——劳动；

K——资本。

这一方程说明产量取决于劳动和资本的数量，同时生产函数也可以为取得特定产量找出不同的生产要素组合。

表 2-1

资本投入	劳动投入				
	1	2	3	4	5
1	20	20	55	65	75
2	40	60	75	85	90
3	55	75	90	100	105
4	65	85	100	110	115
5	75	90	105	115	120

一、等产量线

当劳动和资本这两投入都可变时，将涉及生产技术，假设使用劳动和资本生产粮食，表 2-1 列出了每种投入组合可达到的最大产量。

表中每一项是每一劳动和资本投入组合的产生。例如，2 单位的劳动和 4 单位的资本，

可生产 85 单位的粮食。沿着每一行在资本投入固定时，可以看出总产出随劳动投入增加而变大；沿着每一列可以看出，在固定劳动投入时产出随资本增加而变大。

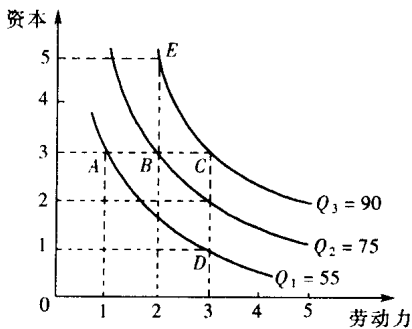


图 2-2 等产量线

表 2-1 表示的情形也可用等产量线表示。等产量线表示所有可以生产相同产量的生产要素组合，图 2-2 显示了 3 条等产量线，它是根据表 2-1 绘出的。例如，等产量线 Q_1 显示了可生产 55 单位产出的各种投入组合。根据表 2-1 得出 A、D 两点以及曲线的剩余部分描绘了等产量线的形状。A 点表示 1 单位劳动和 3 单位资本可生产出 55 单位产出；而 D 点表示生产相同的产出可由 3 单位劳动和 1 单位资本得到。等产量线 Q_2 表示得出 75 单位产出的各种投入组合，它与表中列出 4 种劳动与资本组合是对应的。等产量线 Q_2 在 Q_1 的右上方，因为它表示使用更多的劳动或资本可能获得更多的产出。

等产量图包含一系列等产量线，其中每一条曲线表示每种投入组合的最大产量。等产量图用另一种方式描述了生产函数。许多条等产量线就可构成等产量图。每条曲线代表不同的产出水平，而且图中表示的产出水平向右依次增高。

等产量线表示出企业制定生产决策可具备的灵活性。一般而言，企业可使用多种组合的投入获得相同产出。这使得企业可以选择投入的组合，实现成本最小，利润最大。

二、具有一种可变投入要素（劳动）的生产

在资本固定而劳动可变的条件下，可增加劳动投入来提高产出。如果有一定数量的设备，需雇佣工人去操作机器，这样，就必须决定雇佣多少劳动和生产多少产品，因此，应懂得产出 Q 如何随劳动投入增加而增长。

表 2-2 说明了这一情况。它表示了当资本投入固定在 10 单位时，不同数量劳动情形下的产出水平。当劳动投入为 0 时，产出也是 0。当劳动投入提高至 8 个单位时，总产出也随之增长。但是，超出一定范围后，总产出下降，开始时每单位劳动投入不再有用，反而延误了生产。例如，生产布匹时 5 个人操作组装线比 2 个人好，但用 10 个人来操作则人满为患。

表 2-2

劳动, L	资本, K	总产出, Q
0	10	0
1	10	10
2	10	10
3	10	60
4	10	80
5	10	95
6	10	108
7	10	112
8	10	112
9	10	108
10	10	100

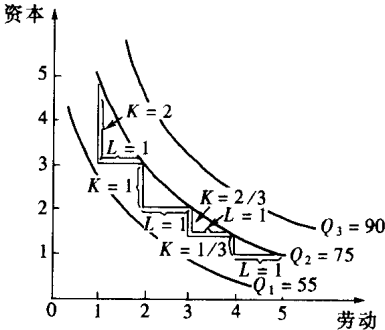


图 2-3 边际技术替代率

三、含有两种可变化投入的生产

图 2-2 所示等产量线都是向下倾斜的，因为劳动力和资本都是正的边际产量（产量的变

化除以投入的变化),每一种投入的增加都会使产量增多。这样,在产量保持不变的情况下,一种投入用得多了,另一种投入必然用得就少。

当产量一定时,每一条等产量线的斜率表示一种投入与另一种投入数量上的相互替代性。我们将斜率的绝对值作为边际技术替代率(MRTS)。对于资本的劳动力边际技术替代率是指当劳动力增加一单位时,资本投入相应减少的数量。图 2-3 中当产量固定在 75,劳动力从一个单位增至两个单位时,MRTS 等于 2。然而,当劳动力从两个单位增至三个单位时,MRTS 降至 1,并且逐渐减少至 $2/3$ 和 $1/3$ 。很明显,当越来越多的劳动力代替资本时,劳动力生产率越来越低而资本的生产效率变得越来越高。这样,为了保持产出不变,单位劳动力所能替代的资本越来越小,等产量线也变得平坦起来。

等产量线是呈凹状的,当沿着等产量线向下移动时,MRTS 就变得越来越小。由这种逐渐变小的 MRTS 可知,只使用一种投入的生产能力是有局限性的。当大量的劳动力被投入到生产过程中去代替资本时,劳动力生产率就会逐渐下降;同样的,当大量的资本被投入去取代劳动力时,资本的生产率也会下降。生产要靠两种投入同时参与来加以平衡。

2.3 网络计划技术

一、概述

(一) 网络计划的产生和发展

20 世纪初,H·L·甘特创造了“横道图法”,也就是将各项生产或工作任务按其起讫时刻用一条线段表示在有时间坐标的图表上。由于横道图能清楚地表明各项生产或施工任务的进展安排,对提高管理水平作用明显,并且易于编制、阅读和理解,所以很快得到推广和应用。然而随着科学技术的迅速发展,生产规模越来越大,生产技术和工艺日益复杂,横道图法的一些缺点也就暴露出来,主要是不能显示各工作之间的内在联系和逻辑关系,不能清晰地显示影响整个工程的生产或施工的关键因素,这就使得该方法在安排组织大型工程的生产或施工中难以发挥令人满意的作用,由此促使人们去探索更科学的组织管理方法。

20 世纪 50 年代以来,一些行之有效的网络计划相继问世,1956 年,美国的杜邦公司在制定化工建设计划中,为协调企业同业务部门的系统规划,运用网络计划技术来统筹各项工作,并找出编制与执行计划的关键路线。所以把此方法称为关键线路法(Critical Path Method),简称 CPM。1958 年,美国海军武器局在制定研究“北极星”导弹计划时,开发出了计划评审技术。随着随机因素在科研项目、试制工程以及大型和复杂服务中的作用日益重要,1962 年产生了能够体现随机因素作用的图示评审(GERT)技术。70 年代初,美国的 G·L·穆勒(G. L. Moeller)等人在 GERT 技术基础上提出了风险评审技术,从而形成了一大类计划管理的现代化方法。

我国从 60 年代初在华罗庚教授倡导下,对网络技术进行了研究和应用,收到了一定的效果,目前已有国家和部颁标准的实施。

(二) 基本原理

要说明网络计划技术,首先要了解一些图和网络的基本知识。图是由表示具体事物的点的集合和表示事物之间联系的连线集合组成。根据连线是否有方向性,可以分成无向性和有向性两大类。其中,我们将连线具有方向性(带箭头)的称为有向图。若图的连线上带有数量指标,则称为网络,这些数量指标通称为权。权是反映节点(顶点)之间联系强弱大小的

特征指标,如距离、费用、时间等,视不同的问题而具有特定的含义。与有向图对应的是有向网络,与无向图对应的是无向网络。在工程项目施工中所碰到的几乎全部都是有向网络。

网络图是由箭头和节点组成的,用来表示工作流程的有向、有序的网状图形。常见的网络图分为单代号网络图和双代号网络图两种。在网络图上加注工作的时间参数而编成的进度计划,称为网络计划。用网络计划对任务工作进度进行安排和控制,以保证实现预定目标的科学管理技术,即称为网络计划技术。需要说明的是,这里所说的任务是指计划所承担的有规定目标及约束条件(时间、资源、成本、质量等)的工作总和,如规定有工期和投资额的一个工程项目即可称为一项任务。

在工程项目施工计划管理中,可以将网络计划技术的基本原理归纳为:

(1) 把一项工程的全部建造过程分解为若干项工作,并按其开展顺序和相互制约、相互依赖的关系,绘制出网络图。

(2) 进行时间参数计算,找出关键工作和关键线路。

(3) 利用最优化原理,改进初始方案,寻求最优网络计划方案。

(4) 在网络计划执行过程中,进行有效监督与控制,以最少的消耗,获得最佳的经济效果。

(三) 网络计划技术的优点

(1) 可以把整个工程项目的生产过程的各个环节有机地组织起来,并指明其中的关键所在,从而可使各级管理者和管理人员既能统筹安排,考虑全局,又能抓住关键,合理协调资源,实行重点管理;

(2) 可反映整个生产过程各项工序(活动)之间的相互制约和相互依赖的关系;

(3) 可以进行各种时间计算,能在工序繁多、错综复杂的计划中找出影响工程进度的关键工序,便于管理人员集中精力抓施工中的主要矛盾,确保按期竣工,避免盲目抢工;

(4) 能够通过网络计划中反映出来的各工序的总时差(即机动时间)和局部时差,可以更好地运用和调配人力与设备,节约人力与物力,达到降低成本和加快进度的目的;

(5) 在计划的执行过程中,当某一工序因故提前或推迟完成时,能够预见到它对工程的影响程度,便于及早采取措施以充分利用有利的条件或有效地消除不利因素,保证自始至终对计划进行有效的控制与监督;

(6) 能够设计出许多可行方案,并从中选出最佳方案;

(7) 可以利用电子计算机进行计算、调整与优化。

网络计划技术不仅是一种编制计划的方法,而且还是一种科学的施工管理方法。它有助于管理人员合理地组织生产,使他们做到胸中有数,知道管理的重点应该放在何处,怎样缩短工期,在哪里挖掘潜力,如何降低成本。故采用网络计划技术能够取得好快省的全面效果。

应该指出,横道图法由于具有直观、方便的优点,还是有用的,不能说网络图把横道图淘汰了。

(四) 网络计划的分类

按照不同的分类原则,可以将网络计划分成不同的类别。

(1) 按性质分类

① 肯定性网络计划。指工作、工作与工作之间的逻辑关系以及工作持续时间都肯定的网络计划。在这种网络计划中,各项工作的持续时间都是确定的单一的数值,整个网络计划有确定的计划总工期。