

劳动管理新方法丛书

网络计划技术

林广浩 吴宗俊
姜桂兰 主编

冶金工业出版社

(京)新登字 036 号

内 容 提 要

《劳动管理新方法丛书》共分为《劳动定员定额》、《岗位劳动评价》、《宽放时间研究》、《岗位评价与劳动报酬》和《网络计划技术》5册。全面地、系统地阐述了在定员定额传统方法基础上的新思路,岗位劳动评价技术、方法及其运用,宽放时间研究方法和宽放时间标准,网络计划技术及其应用实例等,是国内第一套介绍有关劳动管理最新技术、最新方法和最新成果的系列丛书。

本书主要包括:网络计划技术概述、网络计划的时间参数计算方法、双代号时标网络计划、单代号网络计划、网络计划中的资源优化、网络计划中的成本优化、网络计划的检查与调整、计算机辅助网络计划技术等。

本书可供企业、事业单位从事计划管理和劳动经济工作的人员以及高等院校有关专业师生参考。

劳动管理新方法丛书

网络计划技术

林广浩 吴宗俊 姜桂兰 主编

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

北京朝阳区东华印刷厂印刷

*

850 × 1168 1/32 印张7.125 插页1 字数186千字

1993年1月第一版 1993年1月第一次印刷

印数00,001~8,000册

ISBN 7-5024-1104-6

F·56 定价4.80元

《劳动管理新方法丛书》

编辑委员会

主 任 胡守文

副主任 谭先荣 赵金生 刘晓风

总编辑 吴宗俊

编 委 (按姓氏笔划排列)

马宝贵	吕聿信	刘晓风	李臣忠
宋天喜	杨克敌	吴宗俊	陈炳守
张爱民	张殿业	余善发	林广浩
金维汉	胡守文	赵金生	赵忠信
姚树樨	谭先荣	廖邦富	

总 前 言

《劳动管理新方法丛书》共分为《劳动定员定额》、《岗位劳动评价》、《宽放时间研究》、《岗位评价与劳动报酬》和《网络计划技术》5册。它是冶金系统广大劳动工资干部近几年来在治理整顿、深化改革的过程中,在上级有关部门指导下,努力探索、积极开拓、辛勤劳动的结果。

长期以来,由于理论认识和科学技术手段的局限,在劳动工资管理中未能找到一种科学实用的方法,全面、准确、定量地评价岗位之间的劳动差别,因而是形成劳动力使用不合理,分配制度上存在平均主义弊端的重要原因之一。随着劳动工资制度改革不断深化,冶金企业通过实行工资总额与经济效益挂钩和各种形式的承包经营责任制,调整了国家与企业的分配关系。这些改革的办法,在考核企业职工通过共同劳动创造的劳动成果,体现按劳分配原则,调动广大职工的社会主义积极性,促进冶金工业持续、稳定发展方面,发挥了重要作用。在这个前提下,为理顺企业内部分配关系,使按劳分配原则进一步得到正确体现,可否运用一种技术或方法,把各种不同的具体劳动转化为可定量比较的抽象劳动,并据此实施合理的劳动报酬,是当前进一步深化企业内部劳动工资制度改革的重要课题。

党的十三届七中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展十年规划和“八五”计划的建议》明确提出,在企业继续完善工资总额与经济效益挂钩的办法,逐步实现以岗位技能工资制为主要形式的内部分配制度。要实现上述要求,必须从强化劳动管理的基础工作入手,克服传统的经验管理方式,应用科学的方法,既对劳动岗位进行合理的定员定额,又对岗位劳动进

行科学的综合评价，才能全面、准确地反映职工劳动质量和数量的差别，正确贯彻按劳分配原则。

1989年以来，冶金工业部组织60家企业修订《冶金企业劳动定员定额标准(试行)》。经我们及有关企业共同努力，把由马鞍山钢铁公司进行试点，经过鞍山钢铁公司实践，并经长城特殊钢公司进一步完善了的岗位劳动评价技术和方法引进到这次修订劳动定员定额标准的工作中来，将修订劳动定员定额标准与进行岗位劳动评价结合起来进行，并把岗位劳动评价体现在定员定额标准中。初步实践表明，这样做，一方面使制定标准的各项数据来源更加准确，确保水平先进合理；另一方面，使修订后的定员定额标准既有岗位对用人数量或劳动定额的要求，又有对人员素质的要求，还有岗位的综合评价等级，从而成为准确衡量岗位劳动的尺度和合理组织劳动、实行按劳分配的依据。

本丛书就是在总结、归纳这一段工作实践的基础上编写而成的。丛书中对这次修订劳动定员定额标准的基本思路、工作程序和工作实例，所使用的统一方法标准、基础标准和计算机数据处理方法(程序)，作为制定定员定额标准一个重要组成部分的岗位劳动评价技术和方法，作为制定定员定额标准主要依据之一的宽放时间标准和宽放时间研究方法，以及拟在今后贯彻执行新的定员定额标准过程中加以推广运用的网络计划技术等，均有详尽的阐述或单独的介绍。此外，还专门编译了国外有关岗位评价与劳动报酬方面的内容，以供参考借鉴。

我们期望，通过熟悉掌握本丛书所提供的新技术、新方法，将有助于提高冶金企业劳动工资干部的素质，推进劳动管理工作的科学化和现代化进程，进一步提高冶金工业的劳动生产率。

本丛书由冶金工业部人事司组织编写。编委会组成人员和编写人员中，包括有鞍山钢铁公司、首都钢铁公司、武汉钢铁公司、马鞍山钢铁公司、攀枝花钢铁公司、长城特殊钢公司等企业从事劳动工资、工业卫生和经济研究工作的同志，以及同济大学、湖北轻工学院等高等院校从事教学工作的同志。许多参加这

次修订《冶金企业劳动定员定额标准(试行)》的企业和个人,均在不同程度上为本丛书提供了实践经验或工作实例。在此,一并表示感谢。

由于我们的理论水平有限,实践经验不足,书中难免会有不少缺点和错误,恳请广大读者批评、指正。

1991年11月

前 言

网络计划技术是一种先进的科学的计划管理方法，50年代在美国兴起，60年代初由著名数学家华罗庚教授引进我国，至今，它已广泛地应用于我国国民经济各个部门，在建筑施工中应用尤其广泛。其基本原理是，首先用网络图形式表达一项计划中的各个工作（工序）的先后顺序和相互关系，其次是通过计算找出计划中的关键工作（工序）和关键线路，再次是利用时差不断调整计划，选择最优方案并付诸实施，然后在计划执行过程中进行有效地控制和监督，以保证最合理地使用人力、物力和财力，多快好省地完成任务。在整个计划的编制、执行、控制和监督的全过程中，除了技术性的工作之外，其实质还是一个如何合理地组织劳动的问题。80年代初，马鞍山钢铁公司应用网络计划技术整顿企业劳动组织，就曾取得过明显的效果。

本书介绍网络计划技术及其应用实例和最近由马鞍山钢铁公司、西北工业大学联合开发的计算机辅助网络计划技术软件，目的是期望在劳动定员定额标准制定以后，推广应用这一方法，促进企业更好地贯彻执行新的劳动定员定额标准，把冶金工业企业的劳动生产率提高到一个新的水平。

目 录

第一章 网络计划技术简介

- 第一节 网络计划技术的产生和发展..... 1
- 第二节 双代号网络图..... 7
- 第三节 双代号网络图的绘制.....15

第二章 双代号网络计划的时间参数计算.....29

- 第一节 计算时间参数的目的.....29
- 第二节 符号与计算公式.....32
- 第三节 双代号网络计划时间参数的计算方法.....36

第三章 双代号时标网络计划.....72

- 第一节 双代号时标网络计划的特点.....72
- 第二节 双代号时标网络计划的绘制.....73

第四章 单代号网络计划.....82

- 第一节 单代号网络图的构成与基本符号.....82
- 第二节 单代号网络图的绘制方法.....85
- 第三节 单代号网络图与双代号网络图逻辑关系表达
方法的比较.....85
- 第四节 单代号网络计划时间参数的计算方法.....87

第五章 单代号搭接网络计划.....99

- 第一节 搭接网络计划的特点.....99
- 第二节 搭接关系的表示方法..... 100
- 第三节 单代号搭接网络计划时间参数的计算
方法..... 105

第六章 网络计划中的资源优化..... 123

- 第一节 资源优化的意义..... 123

第二节	工期固定, 资源均衡·····	124
第三节	资源有限, 工期最短·····	137
第七章	网络计划中的成本优化·····	151
第一节	成本优化的概念·····	151
第二节	如何选择工期-成本优化的最佳方案 ·····	152
第三节	费用增加率的分析计算·····	154
第四节	工期-直接费的优化计算步骤 ·····	155
第五节	工期-成本的优化计算 ·····	160
第八章	网络计划的检查与调整·····	179
第一节	计划执行过程中的检查与调整·····	179
第二节	实际进度前锋线的应用·····	182
第九章	计算机辅助网络计划技术·····	190

第一章 网络计划技术简介

网络计划技术（统筹法）是一种先进的科学的计划管理方法，是国家经委推广的十八种现代化管理方法之一。近年来，在工业生产和建筑施工管理中推广应用网络计划技术后，对提高效率、缩短工期、降低成本、保证质量，都有显著的效果。它也是促进劳动管理现代化的重要手段。

第一节 网络计划技术的产生和发展

大家知道，在工业、农业、科研、建筑、交通运输、军事乃至每一个人的日常生活中，都有一个“工作”或者说“活动”的合理安排问题。例如早晨起床，有一系列的“工作”要做，穿衣、叠被、刷牙、洗脸、体育锻炼、听新闻或外语广播、烧饭、吃饭、整理提包、准备上班等等。有些人做得既快又好，不用多长时间，就可出门上班。有些人丢三忘四，既忙又乱，常常不得不拉长时间，才匆匆出门。很显然，除了一些条件之外，就是一个工作的合理安排问题。

一台机床大修，也有很多工作要做，如拆卸、清洗、检查、零件加工、电器检修与安装、床身与工作台的研合、部件组装、变速箱组装、最后整体组装和试车等等。在同样的技术条件下，工作安排的合理与否，直接影响着大修的质量、速度、费用等指标。

一个大型工程，一项大型试验，它所涉及的单位、人员、设备、资金等等，其面非常之广，如美国在研制北极星核导弹时，除导弹的研究、试制和生产外，还要同时建造潜水艇、码头、港

湾等大设施，有一万多家厂商承包与转包这项工程。

从上述例子中可以看出，小到一个人，大到大型试验、大型工程，虽然其内容很不相同，但都有一个共同的问题——如何合理安排的问题。对于简单的活动，要做到合理安排比较容易，对于一般工程也不太难，如机床大修等，但对于大型和巨型工程，如何做到“统筹兼顾、合理安排”，使整个过程中的每个环节都能做到一环扣一环，使所有的单位和人员所负责的每项工作在时间的进度安排和各项资源的充分利用方面都能做到恰到好处，就决非一般经验所能解决的。

为了做到这一点，在网络法出现之前，生产或工程管理部门曾广泛使用过横道图（甘特图GANTT CHART）来进行各项任务的计划安排（见图1-1）。

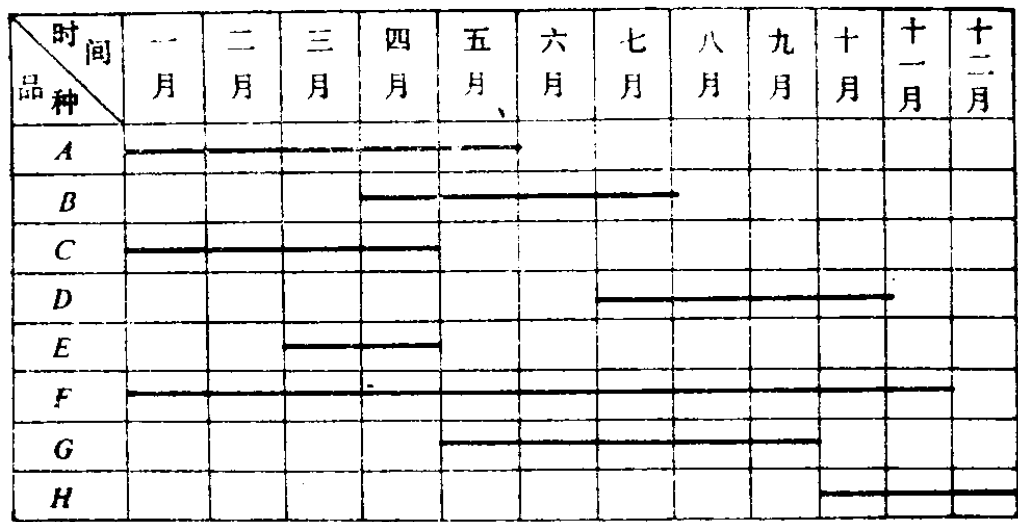


图 1-1 生产任务进度图

横道图虽然具有直观、简单、明了、方便的优点，但这种方法不能反映整个生产过程的全貌，也不能反映各个生产环节、各工作活动之间的逻辑关系（先后顺序关系），从而不易找出关键工序以进行调整和控制。

二次世界大战后，由于生产社会化达到一个新的水平，国际市场扩大，技术革新进展迅速，尤其是导弹、卫星这样一些大型研制工程的出现，迫使各国科学家努力探索新的方法，以便更科学地组织与管理这些大型工程。网络计划技术CPM和PERT就是

在这种形势下，于50年代末期在美国几乎同时发展起来的。它的产生和发展不是某些技术人员头脑中别出新裁的构思，而是有着深刻的社会背景。从客观上讲，它是科研与发展的必然结果，以及能获得更进一步的大规模发展的迫切要求。从技术上讲，它实际上是多年来所使用的横道图、方块图这样一些传统计划管理方法的总结和升华。因此网络计划技术一经问世，就引起了各方面的注意并迅速传遍全世界。

关键线路法CPM (CRITICAL PATH METHOD) 是1957年1月美国杜邦公司的沃克和兰德公司的小凯利为了协调公司内部不同业务部门的工作，共同研究的一种补充计划方法。最初用于计划和管理化学工厂的筹建，其结果使该项工程比原计划缩短了两个月时间。随后杜邦公司又将此法用于维修工作，使原来因大修需停工125小时的工程缩短为78小时，取得了显著效果。

与此同时，美国海军武器规划局由于感到各种管理工具不能适应现代科学发展的需要，特别是在开发宇宙空间和军备竞赛中，急需寻找一种新的科学的管理方法。经各方面的探讨和研究，终于在1958年提出了计划评审法PERT (PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE)，在使用中获得成功，使北极星导弹潜艇计划提前2年完成任务。这一成就引起了各方面的重视，将它陆续应用到其它各行各业，同样取得了显著成效。

尽管PERT和CPM是彼此互相独立和先后发展起来的两种方法，在具体步骤和术语上也有所不同，但它们的基本原理是一致的，主要表现在：

(1) 两者都是应用网络图来表达一个系统或某项工程的计划，也就是说，网络计划是整个计划的模型，因此统称网络计划技术；

(2) 它们所反映的都是各个过程或工序的顺序关系；

(3) 两者都要分析各个工序或过程在网络计划中的地位，并且通过计算找出网络计划中的关键工序和关键路线；

(4) 通过优化和调整,不断地改善网络图,取得经济效果最好的最短工期。

PERT和CPM基本上具有相同的特点,实质上是一回事。但它们之间仍有某些区别。CPM是以经验数据为基础来确定工序时间的,而PERT则是在没有经验数据可循时,一般根据三种估计时间来确定工序时间的。因此,有人把CPM称为肯定型网络法,把PERT称为非肯定型网络法。目前把两者统一起来,统称为网络计划技术比较妥当。

网络计划技术具有下述许多优点:

(1) 能够反映出各个工作之间的相互制约、相互依赖关系;

(2) 能够计算出工作的最早可能开始和结束时间、工作最迟必须开始和结束时间以及总时差和自由时差;

(3) 从网络计划中可以看出,哪些工序是关键,必须力求按期完成,哪些工作可以容许延缓;

(4) 能够从许多可行方案中,选出最优方案;

(5) 在计划执行过程中,某一工作提前或推迟完成时,能够预见到它对工期的影响程度,而且能够根据变化了的情况,迅速进行调整,保证自始至终对计划进行有效的控制与监督;

(6) 它不仅是控制工期的有力工具,而且也可以用来作为控制费用的有力工具;

(7) 能够缩短工期,降低成本,更重要的是在大而复杂的工作计划和控制中,舍此别无更为有效的新方法;

(8) 可以利用电子计算机进行计算;

(9) 应用网络计划技术所需要的原始资料,如设计预算文件以及各种定额都容易取得,因此它是最实用的一种运筹学方法。

由于网络计划技术有上述许多优点,因此引起了世界各国的普遍重视。1962年,鲍兹·阿隆和哈米尔顿公司调查了计划评审法与关键线路法在美国各个领域的应用状况,结果如表1-1所示。

表 1-1 1962年美国各种业务应用网络计划技术的情况 (%)

研制	25	计算机引进计划	8
建筑计划	24	发送计划	5
计算机编程序	12	成本节约计划	5
采购、投标	12	其 它	4
维修计划	12		

现在它的应用范围又得到了进一步的扩大。

随着电子计算机应用日益普遍,计算费用不断下降,计算费时和不够直观等缺点已获得解决,因此网络计划技术的应用更加广泛。根据对美国400家最大建筑企业调查表明,1965年使用CPM方法者只有47%,1970年使用者达到80%。1978年3月,美国土木工程协会会刊评论说,“PERT/CPM是目前仅有的计划管理新方法,并且在可以预见的将来(5~10年内),不会出现新的方法来替代它,因此我们应该享有它,使用它,改进它。”

原苏联政府从1964年开始就颁布了一系列有关制定和应用网络计划的指示、基本条例等法令性文件,并且规定所有大的建筑工程都必须采用PERT/CPM方法(原苏联把这种方法叫做网络计划与管理),同时实行作业管理,加强调度工作。不仅在单位工程和建筑群中应用它,早在60年代中期,原乌克兰加盟共和国建造部就已经能够应用这种方法,对全国400多个重点工程实现计划与控制。据统计,原苏联工业建筑工程部从1967~1975年的9年中应用网络计划技术的建筑安装工作量如以1967年为基数,则分别为100%、198%、308%、408%、469%、616%、745%、818%和849%。从原苏联的大量实践证明,应用网络计划可以缩短工期20%。由于缩短工期而引起的间接费用、冬季施工费用的节约以及减少未完工程等,因而,可以降低10%的工程成本(制订网络计划的费用约为0.1%)。在原苏联,网络计划不仅用来编制施工进度计划,而且还用于编制包括设计、施工和技术物资供应在内的建设项目进度计划以及建筑安装机构最优五年计划、年

度计划和月、旬作业计划。因此原苏联长期以来把网络计划作为一项必须推广应用的新技术正式列入国家国民经济发展计划中。原苏联在系统总结60年来建筑工程组织管理方面的经验时，把应用网络计划技术作为划分发展阶段的一个里程碑和建立管理自动化系统的先决条件。

这种方法在英国、法国、原民主德国、加拿大和日本等国家的许多工程上也都得到了检验，并获得了各方面的好评。

网络计划技术在国外各高等院校，或单独设课，或在所设运筹学、管理数量方法、系统工程和组织与计划等课程中专章介绍，有的还设有实验课。瑞士苏黎世联邦工学院企业管理科学研究所，设置了50门以上有关网络计划技术的课程。

目前，国际上的许多官方机构以及私人企业都使用网络计划技术来签订和处理合同，在投标时，要求承包者提供履行合同的网络计划进度。

1964年华罗庚教授将CPM和PERT方法引进了中国。由于它们都是用网络图形表示，且均合乎“统筹兼顾、合理安排”的精神，故华罗庚将其合并起来，命名为“统筹法”。1964年12月，华罗庚缩写了《统筹方法话本》，接着在北京举办了我国第一个统筹法训练班，培训骨干，开始试点。他还不辞辛劳从南到北，率领小分队在全国各地进行普及和推广，使这种方法很快地为群众所掌握，应用的成绩越来越显著。实践证明，凡是推广应用统筹法的单位，都取得了加快工作进度、降低成本和提高效益的效果。

最近十几年来，英、美、德、法、原苏联、瑞士等国大力开展研究能够反映各种搭接关系的新型网络计划技术，取得了许多成果。这类网络计划技术尽管种类繁多，但从本质上讲，仍是大同小异，可以概括地称作搭接网络计划技术。它是传统的简单网络计划技术的新发展，而传统的简单网络计划技术只是它的一个特例。搭接网络计划技术可以大大简化网络图形和计算工作，从而扩大应用范围，特别适合于大而复杂的计划。

网络计划技术的应用是与计算机技术发展密切有关的。计算机技术的发展，可以及时地处理大量数据，进行快速运算，使网络计划的编制、运算和调整有了高效的可靠的工具。在北极星计划与阿波罗计划中，所有承担任务的公司会计、生产管理、计划工作中都普遍采用电子计算机，据统计有92%的公司用计算机管理生产，并且编制了能解决6万个工序、250种资源的PERT程序。此外，在CPM和PERT基础上又派生了一些新方法，如最低成本估算计划法LCES、计划评价法PEP、产品分析控制法PACP、人力分配法MAP、物资分配和多种项目计划法RAMS。并且由肯定型、非肯定型逐步发展成随机网络，和电子计算机技术更为紧密结合，如活动网络GAM、图示评审技术（属随机网络）GERT、与仿真技术相结合的随机网络GERTS、与仿真技术射体流组合的网络Q-GERT、离散与连续性同时运用的SLAM等等。现在国内外已研制了多种网络计划计算机软件，可在屏幕上显示网络图，显示资源需量的动态曲线，以便随时对计划进行修改和调整，并将调整后的网络图用绘图仪或打印机从电子计算机上输出。

第二节 双代号网络图

网络图是因其形状如网络而得名。它是一种表示一项工程或一个计划中各项工作或各道工序的先后、衔接关系和所需要时间的图解模型。这种图解模型是从某项工程或某项计划整体的、系统的观点出发，全面地统筹安排人、机、物，并考虑各项活动之间相互依存的内在逻辑关系而绘制的。

网络图从节点和箭线的表达方法来划分，可分为双代号网络图和单代号网络图。双代号网络图表示方法简单易懂，与习惯应用的横道图比较接近，因此是应用较为普遍的网络图。

一、双代号网络图的基本组成

双代号网络图是用箭线及节点连接而成的、有序有向的网络

图形。

1. 箭线

箭线又称箭杆，在网络图中以“ $\longrightarrow$ ”表示，它代表一个工序和该工序的施工方向。如： $\xrightarrow[10\text{月}]{\text{产品试制}}$ 、 $\xrightarrow[5\text{天}]{\text{挖土方}}$ 、 $\xrightarrow[4\text{小时}]{\text{机床维修}}$ 等等。箭杆上方写上工序名称，箭杆下方写上该工序所需持续时间，如产品试制需10个月，挖土方需5天，机床维修需4小时。箭杆可长可短，箭杆长短与持续时间长短无关。箭杆可画为直线，斜线或折线，但曲线仅适用于草图。箭杆由箭尾和箭头组成，箭尾表示一项工序的开始，箭头表示一项工序的结束，箭杆的方向表示工作的进行方向。

箭杆对一个节点来说，可分为内向箭杆和外向箭杆两种，指向节点的箭杆是内向箭杆，由节点引出的箭杆称外向箭杆，如对图 1-2 的④节点来说， $\xrightarrow{\text{内向箭杆}} \textcircled{4} \xrightarrow{\text{外向箭杆}}$ 节点前的是内向箭杆，从节点引出的为外向箭杆。

在双代号网络图中，一项工程是由若干个表示工序的箭杆和节点（圆圈）所组成的网络图形，其中某个工序可以某箭杆代表，也可以某箭杆前后两个节点的号码来代表。如图1-2所示，B工序也可称为②③工序，E工序也可称为③⑤工序。

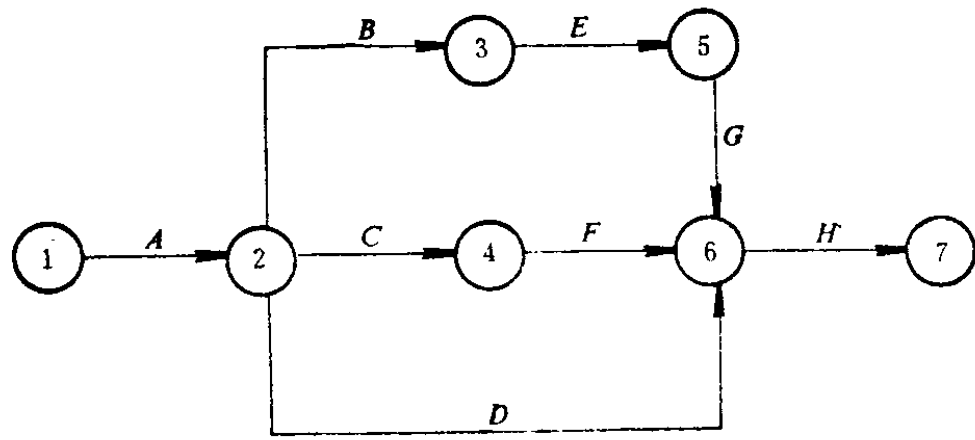


图 1-2 双代号网络图

在双代号网络图中，箭杆表示的工序都要消耗一定的时间，一般地讲，还要消耗一定的资源。凡占用一定时间的过程，都应