

计划评审技术 在工程管理上的应用

PERT



第三机械工业部企业管理局编

出 版 说 明

计划评审技术 (PERT) 是现代管理技术之一, 也是系统工程中常用的一种技术。它适用于科研、生产、基建等各个方面的工程管理工作, 能取得缩短周期, 降低成本等很好的经济效果。为了逐步推广应用这种技术, 我们组织编写了这本教学参考材料《计划评审技术在工程管理上的应用》, 供各单位培训管理干部及广大管理人员学习、参考之用。

本教材, 是按照去年我部举办的第一、第二期经济效果和计划评审技术研究班的教学要求, 组织专门的编写组集体讨论, 分工负责编写的。编写组组长是南京航空学院管理工程教研室主任、副教授胡执中同志, 参加编写的有北京航空学院航空工业系统工程系的杜瑞甫和李富山、南京航空学院管理工程教研室的金学禹、三〇一所的田守仁、六二八所的单文明等同志。

根据不少厂、所同志的建议, 我们翻印了美国《计划评审技术运筹系统》(The Operational PERT System, 简称TOPS。原译文题为《计划程序评审法运筹系统》, 翻印时仍保持原译名)一文, 列为本教材的附录供参考, 以便大家了解美国空军和航空航天部门在六十年代运用计划评审技术的组织和管理工作的细节。

本教材在付印前, 黎明公司企业管理处的同志帮助做了编审、复核和绘图工作, 峨眉机械厂陈晓同志为我们编写工作提供了有关资料, 一并在此致谢。

由于我们对计划评审技术深入研究不够, 并缺乏实践经验, 编写的时间也很仓促, 内容不尽完善, 缺点错误在所难免, 请读者批评指正。

第三机械工业部企业管理局

一九八一年四月

目 录

第一讲 计划评审技术的产生和发展	(1)
一、计划评审技术的产生和发展	(1)
二、计划评审技术与传统管理方法的区别	(2)
三、计划评审技术的应用范围	(3)
四、计划评审技术的应用效果	(4)
五、计划评审技术的应用推广	(5)
第二讲 网络图的绘制	(7)
一、网络图的构成	(7)
二、绘制网络图的基本原则和要求	(9)
三、网络图的表示方法	(13)
四、网络图的绘制步骤和方法	(16)
五、网络图的种类	(19)
第三讲 网络图的计算	(24)
一、活动时间的确定	(24)
二、网络图的时间参数及其计算方法	(25)
三、时差与关键线路	(33)
四、完成计划的概率	(34)
五、网络图的调整	(38)
第四讲 网络计划中的资源平衡问题	(41)
一、引言	(41)
二、资源平衡的图解法	(42)
三、资源限定条件下总周期最短	(50)
四、周期不变情况的资源均衡问题	(59)
第五讲 网络计划中的费用优化与控制	(66)
一、两类时间费用问题	(66)

二、最小成本加快法.....	(66)
三、时间费用问题的线性规划模型.....	(73)
四、网络计划的费用控制问题.....	(75)
第六讲 PERT电算通用程序.....	(81)
一、引言.....	(81)
二、数学模式.....	(81)
三、程序功能.....	(82)
四、源程序.....	(91)
五、后记.....	(91)
第七讲 计划评审技术在国内外的应用举例.....	(92)
一、采用这种技术的可行性研究.....	(92)
二、设置相应的组织机构.....	(93)
三、应用的基本原则.....	(93)
四、工作步骤.....	(93)
五、网络图的详细程度.....	(95)
六、网络图的分级和报告网路.....	(95)
七、动态和趋势分析.....	(98)
八、计划的调整与赶工.....	(100)
九、活动和事项的编号.....	(101)
十、报告形式与会议制度.....	(102)
十一、工装计划的工作步骤和时间的估算.....	(103)
十二、应用效果.....	(103)
十三、计划评审技术和其它管理方法的关系.....	(104)
附录：计划评审技术运筹系统 (TOPS).....	(106)
一、计划评审技术 (PERT).....	(106)
二、计划评审技术运筹系统的一般说明.....	(120)
三、情报周期.....	(121)
四、分析周期.....	(133)
五、系统活动及事项说明书.....	(136)
六、表报.....	(138)
七、运筹系统的组织及其分工.....	(149)
八、计划评审技术运筹系统词汇.....	(152)

第一讲 计划评审技术的产生和发展

六二八所 单大明

计划评审技术 (Program Evaluation and Review Technique缩写为PERT) 是六十年代以来国外盛行的计划管理方法之一,也是网络技术中应用较广泛的一种。它是系统工程中常用的一种管理技术。

一、计划评审技术的产生和发展

计划评审技术的产生和发展是与科学技术和管理方法的发展分不开的。本世纪初叶,泰勒等人的科学管理思想主张把工厂的计划工作与实际生产工作分开,成立单独的计划部门,这是计划管理工作发展的起点。与此同时,甘特发明了作业进度图表,即在目前仍广为使用的“甘特图表”。但是随着科学技术和生产的发展,很长时间以来,人们已认识到甘特图表不是一个理想的编制计划的方法。人们进行了种种改革和尝试,于是出现了“里程碑进度表”和“平衡线图表”等一系列的计划管理方法,这些都是计划评审技术产生和发展的基础。

导致计划评审技术的产生和发展的直接原因是随着科学和技术的发展,生产规模越来越大,企业的规模也日益扩大,计划的复杂程度迅速增加。尤其是五十年代后期以来,美国为了迅速弥补与苏联之间的“导弹与空间的差距”,加快了新型武器和空间飞行器研制的步伐。由于这些武器和飞行器的巨大复杂性,一项工程的研究、发展和生产,工作往往是由几千个、几个细节组成,涉及许多部门、企业和人员。为了按照预定目标完成计划,所有有关部门和人员的活动都必须有效地组织和协调,严格控制工程的进展,及时做出正确的决策。因此,改革计划管理方法的需求就越来越迫切。

促使计划评审技术产生和发展的另一个原因是企业之间的竞争加剧,各企业的活动节拍加快。如果一个环节的工作没能按时完成,就可能打乱整个计划,拖长周期,增加成本,降低或失去竞争能力。因此,需要一种能够有效地组织资金、劳动力和设备,并能严格监督计划进度,缩短计划周期的管理方法。

此外,数学方法和电子计算机的发展和广泛使用,也使得人们可以更方便、更经济地处理大量数据。所有这些都是促进计划评审技术产生和发展的因素。

五十年代以来,为了解决大型复杂计划的管理问题,国外曾提出过许多管理方法,其中最为人们广泛应用的是计划评审技术和要经法(C.P.M)。

计划评审技术是美国海军特种计划局为“北极星”研制计划,专门组织力量开发的新型管理技术。“北极星”计划是一个由六个工程项目组成的庞大计划,涉及到八个主承包公司、二百五十个转包公司和将近九千个三包公司,再加上一些研究院(所)和大学,共达一万一千多个企业和单位。这样庞大的计划,当时统由特种计划局抓总协调,甚至连“北极星”潜艇的供应船的研制与建造也包括在内。对于特种计划局来说,“甘特图表”(又称横道图)难于表达出这样的计划,现有的其它方法也不能满足要求。

· ! ·

计划评审技术在“北极星”计划中采用，取得了很大成功，使该计划提前两年完成。虽然“北极星”计划的战略重要性保证了资金和遇到问题的尽快解决，但普遍认为，计划评审技术的采用无疑是使计划成功的重要手段。当时不仅在美国，而且在西欧和日本都引起了强烈的反应。美国空军、陆军、国家航空空间局和企业界竞相采用。麦克纳马拉出任美国国防部长后，为了加强武器装备的采购效率（采购，系指从政府与承包公司签订合同开始，经过研制、生产，一直到交付使用的整个活动过程。），规定凡承制新开发的军品必须采用计划评审技术。因此，又进一步促进了这种方法的应用和发展。据不完全统计，在计划评审技术基础上发展的或与其相类似的方法已不下二、三十种，如PERT/成本、PERT/可靠性、PERT/技术、LCES（最低费用估算程序）、PEP（计划评价法）、PACP（产品分析控制法）、MAP（人力分配法）、RAMPS（资源分配与多项目进度安排法）等等。

六十年代以来，这种管理技术，已被各工业发达国家和日益被很多发展中国家广泛使用，越发展示这种技术的有效性和适应性，赢得了国际上的赞誉，称它为“经营管理科学上的决定性的跃进”和“在管理方面的重要突破”。

二、计划评审技术与传统管理方法的区别

计划评审技术是由传统的管理方法发展而来的，但是又和传统的管理方法有质的不同。传统的管理方法主要是采用甘特图表，它不仅简单明了，绘制容易，使用方便，而且在资料的记录 and 工作的考核上，也具有迅速、简便的优点。缺点是不能反映出整个计划结构中各项工作之间的关系，也不能表明哪些工作是影响计划进度的关键，以及当一项工作不能按进度完成时，不能反映出其对整个进度的影响，更不易于进行机动调整以满足计划要求。而计划评审技术具有较强的预测、计划、协调与控制等方面的功能，比传统管理方法大大前进了一步。

计划评审技术是一种系统管理方法，从最佳地完成整个计划的角度出发，对时间、资源和技术要求进行综合平衡，运用网络技术和系统分析的方法，合理地安排计划的进度，并在计划执行过程中进行评审和控制，从而达到预定目标。这种方法给管理人员提供了一种能够描绘计划进行过程中各种工作之间关系及状态，有效地计划、组织与控制各种工程项目的工具。与传统方法比，采用计划评审技术的工程计划，归纳起来，具有如下特点：

1. 系统性。它把工程计划对象的各项活动、资源（人、财、物）和约束（各活动之间在物理上、工程上和逻辑上的制约），经过组合分解，统筹安排，有机地构成一个整体，用网络模型形象地反映出来，力使在一定的资源和约束条件下，达到工程周期最短的目的。就是说，它把计划对象作为一个系统来观察、分析和处理。这是与传统的管理方法根本区别之所在。

2. 协调性。经过反复的综合平衡，保证计划的协调性，这是计划工作的基本要求。编制和实施工程计划的过程，是解决大量矛盾和协调各种关系的过程。计划评审技术的优点在于任务划分得细，各项活动、分系统之间的协调关系比较清楚，组织周密，因而就有可能事先比较充分地协调好计划需要与实际可能、总体与局部、周期与资源、关键与非

关键、分系统与分系统、活动与活动等之间的关系。这种技术还能运用“模拟试验”的方法进行预测，事先提供各种各用的协调方案，以便迅速解决执行中的协调问题。这点，对那些规模大、要求高、分工细、协作广的工程项目是十分重要的。

3. 动态性。到目前为止，国内各类工程计划，绝大多数是固定计划。这种计划的缺点是把计划绝对化，不认为它是随时间空间的变化而变化的。因而，缺乏弹性，对环境的适应性很差，执行中经常发生碰壁和失效。这方面，用计划评审技术制定的计划则相反，它是一种灵活性很大的弹性计划、滚动计划。它把计划的执行过程看成是个动态过程，根据分析定期的反馈信息，经常调整、滚动，往后串推，反复循环，逐渐“逼近”目标，最终达到目标。

4. 可控性。计划评审技术不仅是一种计划管理方法，而且又是一种控制工程进展的手段。突出表现在它能预测出计划网络中的关键活动、关键线路，为管理人员提供了一种可能：只要抓住、控制住关键线路，就抓住、控制住了整个计划。这就是实行所谓“例外管理”的原则。对于计划中较难控制的因素，如外购、外协等，可以适当增加期望时间，计划执行中要严加注意，或派人催取等，防患于未然。

5. 科学性。计划评审技术把数学中的网络、数理统计知识与工程计划管理相结合，它提供比较全面、比较准确的信息，便于管理人员从大量非肯定型的因素中，找出和掌握客观规律，正确地进行预测、决策。这也就是人们常说的：要用科学数据说话！对于大型的复杂的网络计划，需用电子计算机来计算和处理大量数据，提高管理工作的效率，同时，有利于实现管理自动化。

三、计划评审技术的应用范围

现在，计划评审技术为许多国家所重视，应用范围也越来越广。它特别适用于一次性的大型规模的计划项目。这些计划，一般都有许多难以计量的脑力活动，而且在每一计划的工作过程中随时都可能产生一些全新的问题，这些问题的解决经常是不能以老经验为依据的。另外，这些计划往往需要进行不断修改。如开发宇宙空间、国防装备系统、工业基地的大型建设、土建工程建设、科学研究、新品试制、成套设备和工厂的维修等项目，以及军事指挥、长远规划、市场规划、专业化协作、机构调整、工厂搬迁、大型展览会场地的安排、戏剧排演等等均可应用。它既可应用于全部项目的整体计划，也可应用于部分项目的局部计划。而对于工程规模越大、项目越多越复杂、不肯定因素越多的工程，应用网络计划越有成效。

从美国来看，主要用于国防有关的计划。美国空军从六十年代初，就要求所有的计划都要采用计划评审技术。美空军系统司令部成立了计划评审技术管理处及这种方法的指导和培训中心，在1964年还编写出版了一套（五卷）使用计划评审技术的详细说明书，名为“美国空军的计划评审技术”。从美国空军和美国航空空间局系统来看，计划评审技术一直是作为一种标准的计划管理方法，广泛用于各种研究和发展计划。据我们能查到的一些资料看，采用过计划评审技术的计划项目如下：

战斗机：F-4、F-5、F-15、A-10；

轰炸机：XB-70、B-1；

运输机：C-141、C-5；

教练机：T-38；

导弹：闪电、波马克、短程攻击导弹（SRAM）、亚音速诱弹（SCAD）、空中发射的巡航导弹；

空间计划：阿波罗登月计划、戴纳索尔（动力滑翔空间飞行器）、土星、泰坦Ⅱ；
其它：仪表飞行模拟器、压气机研究试验设备。

据统计，目前在美国有90%以上的大、中企业，37%的小企业都采用了计划评审技术或由此发展而来的类似管理方法。从国内、外的应用情况看，计划评审技术可用于如下几个方面：

1. 科学、工业和资源开发的规划安排；
2. 各种产品的研究和发展计划；
3. 各种产品的试制或改进改型计划；
4. 试验设施的研制和各种试验计划；
5. 试制或批生产技术准备计划；
6. 技术改造和技术革新项目计划；
7. 单件生产和生产作业计划；
8. 工艺装备的生产计划；
9. 各种设备的安装、改装和维修计划；
10. 各种基建和土木工程计划；
11. 增产节约项目的计划；
12. 部队的作战指挥、军事训练、实战演习、后勤保障等方面；
13. 各种复杂工作的程序安排。

但计划评审技术也有其局限性，对重复性的工程项目，不易体现它的优越性。如生产计划方面，对单件小批量是完全适用的，对大批量生产就不一定适用。此外，一般情况下，现场的执行计划要和横道图配合使用，它不能作为逐日指挥科研、生产的管理工具，等等。

四、计划评审技术的应用效果

计划评审技术对管理工作所起的作用和效果可以从两个方面来看，一个方面是计划的制订，另一个方面是计划的控制。最初一般认为，计划评审技术的应用效果，百分之八十是在计划的制订时获得的。但随着时间的推移，已经认识到这种方法对计划的控制作用所带来的效果也是很重要的。

在计划制订方面的效果，主要是：

1. 改进了计划的制订工作，提高了计划的可靠性、先进性；
2. 改进了管理工作，有助于建立管理职责，易于分层授权，便于分工；
3. 改进了评价计划的基础，易在多种方案之间进行衡量选择。

在计划控制方面的效果，主要是：

- 1.改进管理控制,减少纸面工作。由于已经显示出各项工作的轻重缓急和关键路线所在,所以可预先提出管理措施。并且由于可以随时了解计划进展情况,便于机动调整;
- 2.改进资源管理,使各种资源得以适当调度利用;
- 3.改进管理的决策,可对决策很快进行模拟,以观所作决策是否得当。

计划评审技术到目前已经应用了二十多年。通过二十多年的应用实践表明,这种技术是成熟的、可用的。据有些资料统计,采用计划评审技术后一般可以缩短周期20%左右,节约费用为5~10%。

五、计划评审技术的应用推广

目前,我们很多单位在学习和推广计划评审技术,初步取得了良好的效果。这种技术,日益被人们所重视,认为它是一种在国外行之有效,对我国也十分有用的现代管理方法。但在如何结合中国的实际,把这种技术“洋为中用”方面,也有些要注意的问题。

1.认识与实践的问题

当前,在学习和推广的单位中,多数同志很感兴趣,在积极地推广应用之中。但也有些同志持有不同的认识。

如有的同志认为,“我们产品协作关系多,原材料、外购件等不能保证,无法应用计划评审技术”。这是个实际的问题。据外刊报导,在国外也有这个问题。一项工程的很多人力、资源大部分并不在主管人的直接监督之下,保证程度可能比我们好些就是了。但不能由此而作出不能推广应用计划评审技术的结论。因为,用甘特图编制计划,同样也会遇到这种问题,除非你不作计划。在国外有种观点认为,越是不可控的因素多,越是应该应用这种技术来替代老办法。事实上,国内有很多单位,在同样的或类似的情况下,已应用计划评审技术,并取得良好效果。

有的同志认为,“现在我们管理基础太差,科研项目和新品根本没有工时定额,不好应用计划评审技术”。基础差当然是个缺点,应该是在推广应用计划评审技术的过程中,结合整顿和加强基础工作。至于说没有工时定额,要知道一次性的工程很少有工时定额的,计划评审技术却最适用于一次性的工程项目。这种技术在处理这个问题时,采用了估算a、m、b(详见第三讲)三种时间的办法,为我们编制这种计划克服了困难。

事实证明,关键在于实践。一种新技术新方法,在推广应用过程中,必然会遇到种种问题,只要我们敢于实践,勇于创新,就能做出成绩。强调外因,不去实践,讲管理科学化、现代化就是空的。

2.培训和试点问题

在推广时,最好采用办短期学习班的办法,用十天左右的时间,首先培养一批能初步应用计划评审技术的骨干,接着就选定目标进行试点。然后再用滚雪球的办法逐步引导大家转到这种管理方法上来。短期学习班应有领导同志和有关业务部门的负责同志参加,学员也应挑选那些有一定企业管理工作经验、有责任心的同志,以便组成一个得力的推广应用的队伍。同时,面上的宣传普及工作也很重要,可采用讲大课的方式进行,使

更多的人知道计划评审技术的一般知识，为今后更大规模地推广应用创造条件。

试点工作非常重要。只有在点上和更多的应用方面取得效果和成功，计划评审技术才能在这个单位扎根。根据有些单位的实践经验，在试点和推广的初期，要选择一些周期较短、任务复杂性较小、外部条件比较少的项目，取得经验，总结提高，培养人材，然后再应用于大的项目。这样，比较稳妥。但对有一些重要项目，如国家、部队和市场急需的武器、民品，也可以加强领导，认真组织，集中足够的力量很快开始采用。

3. 调度和指挥的问题

有了一个比较科学的、比较合理的计划，如果不去认真地贯彻执行，那只是一纸空文。现在有个别试点项目，由于编制网络计划的单位与调度、指挥的单位之间工作不协调，没有很好发挥网络计划的作用。对于大型的航空武器项目，应用计划评审技术时，在美国空军是置于型号办公室之下，有一套自上而下的完整、严密的计划管理系统。在我们各企事业单位推广时，应充分利用现有的科研、生产指挥系统，加强调度工作，采取各种有效措施，确保计划的完成和提前完成。

4. 动态和调整的问题

计划评审技术的网络计划执行过程应是动态的，这在前面已讲了。这对大的或比较大的网络计划是很重要的。可以根据我国的实际情况，参考本教材所附的TPOS等资料，尽量利用我们现有的管理制度、习惯，设计制定一些补充办法，建立一套能适应计划评审技术的动态管理和控制的制度。但对于一些小型的，特别是肯定性的网络计划，就要具体分析，不一定要这样做。

第二讲 网络图的绘制

南京航空学院 金学禹

三〇一研究所 田守仁

计划评审技术 (PERT) 是通过网络图制定工程计划, 并在实施中不断调整优化计划, 使其达到预定目标的一种科学管理方法。研究和应用计划评审技术, 首先要从网络图开始。

一、网络图的构成

网络图是由活动、事项和线路三个部分构成的。

1. 活动 (工作, 工序, 作业): 活动是指一项工程的研究、设计、制造、试验、管理、使用等方面需要有人力、物力参加, 经过一定时间后才能完成的有具体内容的一个实践过程。我们用一个箭线表示一项活动。活动的名称写在箭线上, 完成活动所需要的时间 (小时、天、周等) 写在箭线下; 也可以把活动的名称写在箭线下面, 需要的时间写在箭线上面。但在同一网络图上, 写法要统一。箭尾表示活动的开始, 箭头表示活动的结束。箭头和箭尾衔接的地方画上圆圈, 并编上号码, 从而前后两个号码就代表一项活动。这种表示方法通常叫做双代号表示法, 如图 2-1 所示。

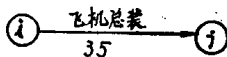


图 2-1 网络图双代号表示法

有的活动, 虽不消耗资源, 但要有一定时间才能完成, 如技术性工休等, 也应看作是一项活动。此外, 还有一种虚设的活动, 称作虚活动。它不消耗资源和时间, 仅表明一项活动与另一些活动之间的相互依存和相互制约的逻辑联系。虚活动用虚箭线表示, 图 2-2 表示虚活动应用的一例。A、B、C、D 四活动, C 要等 A 完工后开始, 而 D 要等 A、B 都完成后才开始。

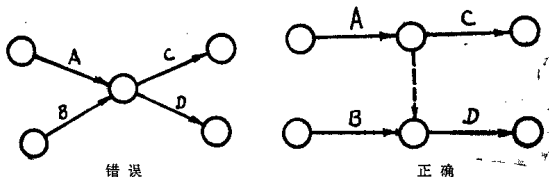


图 2-2 虚活动应用一例

2. 事项(事件): 事项表示某一项活动的开始或结束。在网络图中, 用圆圈表示事项。它是两个或两个以上箭线的交接点, 所以又称结点。事项不消耗资源, 也不占用时间。它只是代表某项活动的开始或结束的瞬时。一项工程任务, 除了总开工事项和总完工事项外, 其它事项常常代表双重意义, 即它既是前一项活动的结束, 又是后一项活动的开始。如图 2—3 所示。

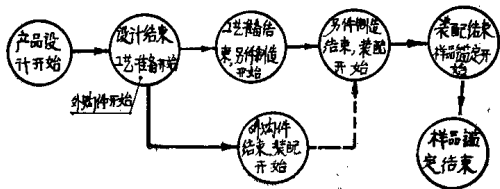


图 2—3 网络图中的事项

为了便于对网络图进行分析和研究, 我们把某项活动开始事项的号码用 i 表示; 把某项活动结束事项的号码用 j 表示, i 和 j 代表相邻两个事项的编号。

3. 线路和关键线路: 线路是指从起点开始顺着箭头所指方向, 连续不断地到达终点的一条通道。例如在图 2—4 中, 从起点①连续不断地走到终点⑥的各条线路就是:

- (1) ①→②→④→⑥
- (2) ①→②→③→④→⑥
- (3) ①→②→③→④→⑤→⑥
- (4) ①→③→④→⑥
- (5) ①→③→④→⑤→⑥
- (6) ①→③→⑤→⑥

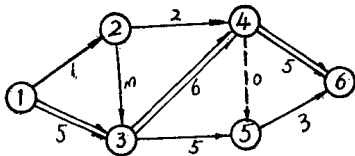


图 2—4 网络图

各条线路所需的周期就是对应线路上各活动时间的和。例如在图 2—4 中, 各条线路的周期分别是:

- (1) $1 + 2 + 5 = 8$

- (2) $1 + 3 + 6 + 5 = 15$
- (3) $1 + 3 + 6 + 0 + 3 = 13$
- (4) $5 + 6 + 5 = 16$
- (5) $5 + 6 + 0 + 3 = 14$
- (6) $5 + 5 + 3 = 13$

比较上述各条线路所需的周期，可以找到所需周期最长的线路，这条线路称为关键线路。如图 2-4 中，①→③→④→⑥为关键线路。位于关键线路上的活动，称为关键活动，这些活动完成的时间期限直接影响着整个工程的周期。通常关键活动在网络图上用黑粗箭线或双箭线表示。

关键线路是变化的，在一定条件下，关键线路和非关键线路有可能互相转化。例如，采取一定的技术组织措施，可将关键活动提前完成，那么，处于非关键线路上的非关键活动就可能变成关键性活动了。

位于关键线路上的活动，在网络图中所占比重往往不大，愈是复杂的网络计划，活动和事项数量愈多，关键活动所占比重愈小。这样就有可能使领导集中精力抓住主要矛盾，保证顺利完成任务。

二、绘制网络图的基本原则和要求

为了能正确地绘制网络图，要引进几个概念。

1. 活动的串联：指网络图中，一定顺序的活动之间的相互依存和相互制约的逻辑关系。如图 2-5 中，活动 1-3、3-4、4-5，1-2、2-4、4-5 及 1-3、3-5 称为活动的串联关系。

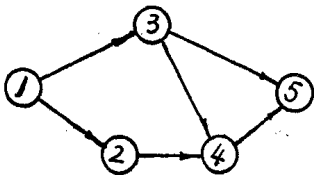


图 2-5 活动的串联

2. 活动的并联：它也叫活动的平行关系。指网络图中，一个活动分成两个或两个以上的分活动同时进行，而又相互依存和相互制约的逻辑关系。如图 2-6 中，把工装制造这一活动，分成工装制造 (1)，工装制造 (2)，工装制造 (3) 三个分活动同时进行。图上需用虚活动正确表达。

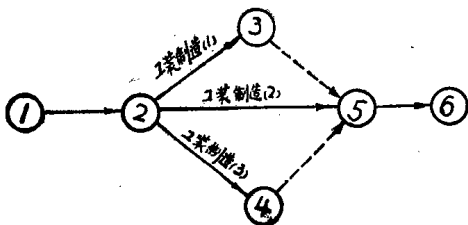


图 2—6 活动的并联

3. 活动的交叉：指网络图中，两个或两个以上的活动，一部分一部分地交错进行，且相互依存和相互制约的逻辑关系。如工装设计A和工装制造B两活动，可以设计一部分制造一部分地交错进行，以缩短工装设计和制造的总周期。设 $A = a_1 + a_2 + a_3$ ， $B = b_1 + b_2 + b_3$ ，则其画法如图 2—7 所示。

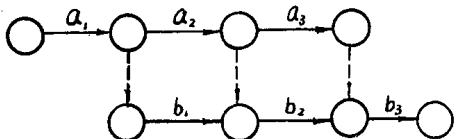


图 2—7 活动的交叉之一

对于四个活动的三段交叉即 $A = a_1 + a_2 + a_3$ ， $B = b_1 + b_2 + b_3$ ， $C = c_1 + c_2 + c_3$ ， $D = d_1 + d_2 + d_3$ 。画法是：

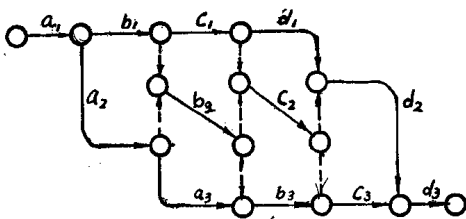


图 2—8 活动的交叉之二

4. 活动的合并: 指网络图中, 把两个或两个以上的活动, 简化、合并成一个更大的活动, 而与被简化、合并的活动又有相互依存和相互制约的逻辑关系。如图 2—9、2—10所示。

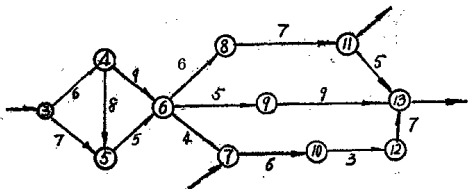


图 2—9

简化合并后得

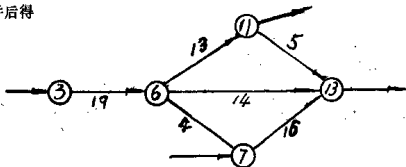


图 2—10 活动的合并

合并后活动的周期, 按原图中最长线路计算, 如③→⑥的周期 $6 + 8 + 5 = 19$ 。

绘制网络图时应遵循以下基本原则:

- (1) 两个事项之间只能有一项活动。
- (2) 照按惯例, 绘制网络图都是从左方开始, 向右方引伸。因此, 事项从左到右加以编号, 左边编号小于右边编号。由于每项活动都包含着时间消耗, 所以, 它同时标志着时间流向是从左到右。
- (3) 在串联的事项里, 编号小的事项未完成前, 编号大的事项不能开始。即串联的活动不能彼此独立地进行, 前面的活动不完成, 后面的活动就不能开始。
- (4) 在并联的事项里, 并不因编号大小有约束的关系, 也不意味着凡并联的事项就要同时开始。即并联的活动可以彼此独立地平行进行。
- (5) 指向同一事项的许多活动中, 任一活动不完成, 该事项就不能开始。
- (6) 网络的始点没有任何指向活动, 只有引出活动; 网络的终点没有任何引出活动, 只有指向活动。
- (7) 网络图必须是非循环的, 即不允许出现返回到已走过的事项上去的活动。例如图 2—11 中的活动 4—1 是不允许的。

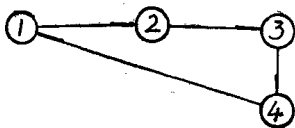


图 2—11

由于活动 4—1 的存在就形成了一个封闭圈，它代表一个反向时间流，这是不符合规定的

(8) 两事项之间若有几项并联的活动，不允许直接并联起来，必须设置新的事项号，通过这些新设的事项同虚箭线连系起来。如图 2—12 所示。

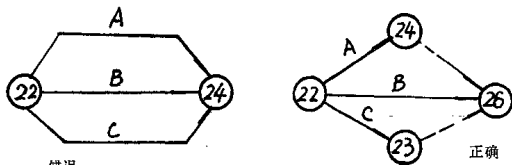


图 2—12

以上是绘制网络图必须遵循的基本原则。此外，为了画好网络图还有一些属于技术性的要求。如网络图应全面反映工程计划的活动内容，并符合其程序关系和依从关系；图面应力求简明、整齐、清晰；箭线尽可能不画成交叉线，必须交叉时，可以采取“暗桥”，如图 2—13 所示。如果有很多条箭线进入同一结点，或自同一结点引出很多条箭线，为简化起见，可以采用“母线法”，如图 2—14 所示。另外网络图对工程计划总目标、分目标要能明确地表示等。

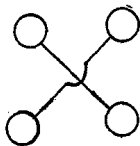


图 2—13 交叉画法

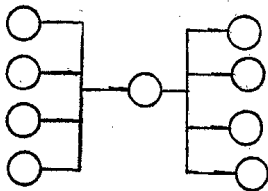


图 2—14 母线法

大型网络图的活动和事项很多，如画在一张图纸上太大，就不便于使用了，可以适当划分等级或分成几段，分别画在几张图纸上，并注意把重要的活动项目布置在图纸的中心位置上。有时，为便于贯彻执行和进行检查，使网络图与时间进度紧密结合起来，可以在网络图的上部或下部附设时间坐标，如图2—15所示。

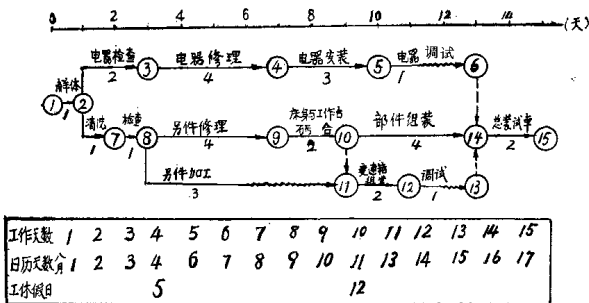


图2—15 某机床大修网络图

在没有时间坐标的网络图中，箭线的长短与活动所需时间多少无关。

三、网络图的表示方法

一项工程（或任务）可以分解为许多活动。例如制造一架飞机，必须从备料开始，经过零件加工，部件组装到总装等活动才能成形。而各活动之间，存在着相互依赖、相互制约的关系。要在网络图中正确地表达出来，必须了解科研生产的客观规律，懂得科研生产组织的原理与方法。活动之间的内在联系和相互关系是多种多样的，下面把常见的一些关系的表示方法列表说明如下：

图2—16 网络图的表示方法

序号	活动名称 (代号)	活动之间的 相互关系	表示方法
1	A、B、C	A完成后，B和C才能开始，B和C是独立的。	