

第一章 绪 言

网络把您引向世界！

——佚名

今天，我们生活在一个网络重迭的世界中，不只是一个网络星座，而是有一个网络星座密布的银河系。有许多趋势表明，人们要求创立一种新的以网络为基础的管理方式。

——奈斯比特

自然科学积极渗透军事理论，这点颇能反映我们的时代特点。

——苏沃洛夫

网络法是一种著名的现代计划指挥(管理)和最优化技术。它是运筹学的一个分支,是系统工程和管理科学中的一种重要方法。可以预言,网络法与当代军事科学相结合,以系统理论作指导,必将形成一种新型的军事计划、决策与指挥的科学方法。

1-1 突 破

第二次世界大战以来,科学技术得到了迅速的发展,无论是在生产和科研领域,还是在军事领域,系统(这里指任务、项目、行动过程、研究课题)的规模越来越大。诸如:空间技术,导弹系统,高层建筑,现代化机场,万吨巨轮,油田开发。这些属于一次性的大规模工程系统,都具有协作单位多、持续时间长、资源耗量大、互相关系复杂的特点,而且往往伴随着许多随机因素。举世文明的美国“阿波罗”登月计划,历时11年之久(1961—1972),有2万多家公司和120多所大学实验室参加了研制与生产,总投资达400亿美元。面对这种复杂的大系统,人们担心的并不是构造系统本身的“硬”技术,而是构造系统的“软”技术——组织管理。说得确切一些,就是如何对大系统进行有效的组织、计划、指挥和协调的问题提出了全新的要求。

可见,要使复杂系统得到有效地运行和控制,并最终达成系统的目标,若没有周密的计划和科学的指挥方法,任何天才也都是无能为力的。于是,那些旧有的、传统的计划指挥方法已经逊色,再也不能适应时代的需要了。50年代以来,许多科学家为寻找科学的系统的计划指挥方法,作出了卓有成效的探索。另一方面,科学技术的发展,

也为系统的计划指挥提供了最优化的数学方法和现代化的计算工具——电子计算机。就是这样的背景下，人们逐步将系统理论和图论应用于系统的计划指挥领域，使网络法应运而生。

网络法于 50 年代中期起源美国，迄今已经发展成了一个庞大的家族。在这个家族中，有母亲和父亲之称的、最早发展起来的方法是**关键线路法** (Critical Path Method, 简称 CPM) 和 **计划评审法** (Program Evaluation and Review Technique, 简称 PERT)^{〔注〕}。关键线路法是 1956 年由美国杜邦建筑公司和兰德公司合作发展成功的。翌年，首次被应用于建造一座价值 1000 万美元的化工厂，取得了显著效果。以后又应用于化工厂的大修工程，在一年内节省了 100 万美元。计划评审法是 1958 年由美国海军部特种计划局提出来的。首次应用于“北极星”导弹潜艇的研制，从而使该项目的总工期缩短了两年。他们把北极星导弹潜艇的研制成功主要归功于这种科学方法。

由于网络法从它诞生之日起，就被应用于巨型工程系统的计划指挥，并取得了出乎意料的前所未有的成功，于是，轰动整个世界。人们把这种方法赞誉为“**管理上的万灵丹**”，“**在航天时代争分夺秒的管理上的突破**”。一些有远见卓识的军事家则称它是“**科学的军队指挥方法**”。事实也正是如此，网络法的出现，使计划指挥完成了由经验型向科学型、由定性分析向定量分析的根本性转变。各方面

注：CPM 和 PERT 的主要区别是在时间关系上。CPM 属于时间肯定型，工作的持续时间采用一个估计值（最可能）；而 PERT 属于时间非肯定型，工作的持续时间采用三个估计值（最乐观、最可能、最悲观）。可见，PERT 在时间上计入不确定因素。

的专家一致认为，它的产生是计划指挥领域中的一次重大变革，是迈出了实现计划指挥现代化的关键性一步。

自 60 年代开始，世界各国特别是一些发达的工业国家，就陆续地把网络法应用于工业、农业、国防、科学技术的计划指挥。自 1962 年起，美国政府作出决定，一切新开发的工程必须应用网络法，否则就不予批准。苏联对这种方法的应用极为重视，早在第九个五年计划(1970—1975)期间，这种方法的推广应用面已达 34%。在我国，老一辈著名科学家华罗庚教授和钱学森教授，在 60 年代初期就开始倡导推广这种技术（华老称之为“统筹法”），当时已在导弹和空间技术中得到应用。党的十一届三中全会以来，我国的管理领域发生了重大变革，计划指挥科学化、现代化越来越受到人们的重视。国民经济各部门中广泛采用了网络法，并取得了显著的经济效果。例如广州东方宾馆和白鹅宾馆应用网络法组织施工，缩短了工期，提前开业，分别增收外汇 200 多万元，并节约贷款利息 1000 万港元。据悉，国家有关部门已把网络法列为重点推广的科技项目之一。继 1980 年北京统筹法研究会成立后，全国许多省、市、自治区都成立了相应的研究会。可以预料，随着我国四化建设的进程，网络法必将发挥着越来越重要的作用，必将成为所有管理者的通用工具。

1-2 军事——今天的处境

在今天，军事领域和其他社会领域一样，走向了现代化的轨道，在军队计划指挥方面，面临着与其他领域所面临的极其相似的问题。

在军事技术突飞猛进的时代，军队的组织结构和武器装备发生了根本变化，作战观点和方式也发生了根本变化，使现代化战争出现了一系列新特点。现代军队已经发展到诸军兵种十分齐全的合成军队。在军种方面，不但有陆军、海军和空军，还有导弹部队；在兵种方面，已由过去的单一兵种发展到炮兵、装甲兵、工程兵、通信兵、防化兵等诸兵种。随着科学技术日新月异的发展，原子能、航天技术、电子技术以及激光、红外等科学技术成果，已经广泛地运用于军事领域，使军队的武器装备发生了重大变化，从在第二次世界大战时期曾经作为先进武器使用的飞机、坦克、大炮，发展到了今天的导弹、核武器和电子技术装备为代表的新阶段。由于改变了战斗行动的客观条件，引起了作战观点和作战方式的改变。现代战争是由高度现代化的诸军兵种联合进行的立体战争，其规模之大，战场之广，参战的军兵之多，武器装备之复杂，作战双方机动之快，战场情况变化之急剧，作战样式转换之迅速，组织指挥之困难，都是过去战争所无法比拟的。

现代战争的这些特点，决定了军队计划指挥的新特点，提出了新的要求。

在现代条件下，组织计划战斗的工作内容和工作量大大增加了，而完成这些工作的时间却大大缩短了，这就要求指挥员和指挥机关必须在极为有限的时间内完成组织计划的全部工作，以便给部属留下更多的战斗准备时间。“那种指挥机关接连几昼夜地计划战斗行动，拟制大量冗长的文书的时代，已经一去不复返了。”

在现代条件下，各军兵种、各专业兵之间更加依赖，它们之间的关系更加复杂了。因而计划的规模扩大了，复

杂性明显地增加了。对此，如果计划模型不能从整体上反映和处理这种复杂的相互关系，找出决定战斗行动进程的关键环节，那么就无法正确地协调诸军兵种的行动，以充分发挥合同作战的整体威力，去实现预定目标。

随机因素是军事行动所固有的因素，但是在现代条件下，随着军兵种的增多，战争空间的扩大，快速反应能力的提高，以及欺骗手段的增强，随机因素也大大增加了。这就对计划的可靠性、环境适应性与指挥的正确性、及时性提出了更高的要求。计划模型必须要能充分地反映和处理这种随机因素，并能从逻辑和数学的高度对这种随机因素作出正确的预测和评价，以为指挥员的正确决策提供科学的依据。

在现代条件下，军队指挥的临界时间（一次指挥过程允许的最长时间）明显缩短了。不仅要争取节约几小时，而且要争取节约几分钟，甚至几秒钟，这已成为军队指挥头等重要的问题。例如，与新发现的火箭、核武器和原子炮兵作斗争时，工作效率要特别高。因为这些武器在发现的阵地上往往只停留几分钟的时间。因此，组织指挥和实施射击的一系列工作都必须在这几分钟内完成。如果行动迟缓，敌人就有可能先我突击并变换阵地。可见，完成每项指挥措施所用时间多少，已成为衡量指挥机关在现代战争中完成复杂指挥任务水平的一个重要标志。对此，必须要有一种专门适用于研究缩短各项指挥措施时间的计划和处理方法，以提高快速反应能力。

在现代条件下，战斗异常紧张并发展迅速，情况经常发生急剧变化。组织计划与指挥的时间紧迫，任务繁重，标准要求高，集中地体现为快速反应能力。这样，计划指

挥的许多工作必须借助计算机进行处理。这就要求计划指挥方法与便于使用计算机相适应。在这里定量分析具有重要地位，“尽管在军事的许多方面实现定量分析会遇到很多困难，但军事科学也必然越来越多地用数学方法，越来越变成一门定量的、精确的科学。”（钱学森语）

至于在现代条件下，军队平时的日常事务、教育训练、战备工作、施工生产、各种保障工作，同样提出了一个如何实现科学计划与指挥的问题。

总之，在现代条件下，完善军事系统的计划与指挥问题，从来没有象今天那样突出。军队的科学计划与指挥问题成了军事科学所要解决的首要问题。而网络法对于解决这一问题可以起到重大作用。

事实上，正如其他科学技术成果一样，网络法一出现，就很快地被应用于军事领域。对于亟待解决的军队的计划指挥问题来说，网络法成了“及时雨”。它是一种目前最完善的计划指挥方法，而且有很大的发展前途。美军和苏军很早就把网络法应用于军队的计划与指挥，他们对这种方法评价很高。美军认为：“网络法可以有效地用于计划战斗行动，计划军队物资输送，组织各阶段的火力支援和协同动作。”苏联科学家则称它是“科学的军队指挥法”，“可以使人们在军事活动的许多领域中作出最优决策”，在指挥中应用此法“是质量上的一个飞跃，是指挥发展的一个新阶段”，要求各级司令部“大胆采用”。

我军自1978年普遍推广网络法以来，取得了初步成果，传统落后的计划指挥方法正在逐步被取代。例如，航空兵某团在飞机定检中应用网络法，克服了过去的忙乱现象，使定检时间大大缩短；炮兵某部队运用网络法优化射击准备和

射击指挥程序，缩短了射击准备时间，提高了火力反应能力；特别是某军在对越自卫还击战中，成功运用网络法计划与指挥部队强渡江河等战斗行动，为我军在实战中应用网络法开创了先例。可喜的是，在军内一些学者的积极倡导下，于1984年10月在长沙国防科技大学召开了全军第一次军事运筹学学术座谈会，并组建了中国人民解放军军事运筹学学会。于1985年1月在北京召开了全军性的军事统筹法学术讨论会，并筹建了军事统筹学会。这标志着网络法在我军的推广应用有了一个良好开端。总之，随着我国国防现代化的实现，运用这种科学方法改变我军目前的计划指挥现状是势在必行。

完全可以预料，在不久的将来，军事上大部分计划与指挥任务，将运用网络法来实现，这种方法“**必将成为军事决策指挥科学化、自动化的基础。**”（华罗庚语）

1-3 精髓——相互关系学

网络法是一种科学的计划指挥和最优化的技术。它在军事和其他社会领域得到广泛应用，并享有很高的声誉。

在网络法出现以前，在计划指挥领域使用着各色各样的计划模型。在军事指挥方面，广泛地使用着地图（要图）注记式计划、表格文字式计划、横道图式计划。它们都具有直观易懂的优点，但作为一种反映系统运行过程的一种计划模型，其功能充其量只是计划的表述。这些计划模型都存在着致命的缺点：它们不能充分地反映和处理诸工作之间的相互关系，诸工作与系统目标之间的相互关系，以及系统与环境的相互关系。因此，**这些传统的计划模型是**

一种静止的、孤立的模型,难以通过模型去发现系统的各个局部在整体中的地位和作用,也就难以从整体的高度去驾驭各个局部。一句话,它们没有能使计划构成一个有机整体,因而也就不能从逻辑和数学的高度分析工作之间相互制约的数量关系,以便揭示整个系统的关键环节。这样,当计划进程发生偏差时,就难以发现其对整个系统的影响,当然也就不能对此作出迅速的反应和采取有效的措施。

总之,传统的计划方法,只是突出了局部,相互关系体现不充分,是一种静止、呆板的方法。缺乏应有的弹性,环境适应性差,一旦条件被打破,计划就会失效。应用这类方法,只能停留在定性分析方面,而不能实现定量分析。因而,也就根本谈不上实现计划的最优化和计划指挥的现代化。

与传统方法相比,网络法同样是反映系统的客观实际,但它反映的客观实际的基本思想却发生了质的变化。网络法的基础是网络模型。这种模型能以严密的逻辑规则反映系统诸工作之间的相互关系、诸工作与系统目标之间的相互关系、系统与环境之间的相互关系。从而,使系统的各要素得以构成一个有机整体,使人们能够从整体的高度去统筹全局,对系统的运行过程实施严密而准确的控制。也正是这种模型建立起了工作之间的相互关系,才使网络法能成功地运用数学。从而使系统的计划指挥完成由定性分析向定量分析方面的转变,由传统向科学方面的转变。也正是这样,才使得计划的最优化与计划指挥的现代化成为可能。

总之,从系统论观点去认识,网络法的精髓就在于它科学地揭示并着眼于处理好系统所涉及到的各种“相互关

系”。因此，完全可以说网络法是一门关于相互关系的科学。

1-4 主要特点

与传统方法相比，网络法有着质的不同，它的主要特点是：

网络模型是一种直观形象的逻辑思维模型，它能按照人们的逻辑思维规律，来描述系统诸要素之间的相互关系，使之构成一个有机整体。从而，可以使人们对系统进行科学的分析和处理。使用网络模型，在计划阶段就可以分析系统运行的全过程，发现弱点，预见可能发生的问题，并及时采取相应的措施。

网络法能成功地从逻辑和数学的高度，揭示控制系统进程的关键性工作（活动）以及由这些工作组成的关键线路。于是，就为指挥人员提供了这样的一种可能：即只要抓住关键性工作，就可以有效地控制整个系统的进程。这样，也就不再被那些非关键性工作分散注意力。

网络法是一种最优化技术。它广泛地运用了最优化理论去巧妙地计划安排工作。从而，使系统中的各要素为实现系统的目标而发挥最佳的功能，有利于进行整体与局部、时间与资源、关键与非关键之间正确协调，有利于对不同的计划方案作出正确的评价，以实现**最优决策**。

网络法可以运用计划执行情况的反馈信息，有科学根据地对未来作出预测，预见计划进程偏离目标的情况，并据此**追踪决策**——修正，以逐步逼近目标，最终实现目标。从而，使计划自始至终在人们的监督和控制之中。

网络法，特别是一些高级网络技术，可以充分地引入随机因素。从而，可以使人们对复杂系统客观存在的随机因素，作出定性和定量的分析。这样，就能最大可能地满足计划的客观性要求，实现**随机决策**。这一点对于复杂多变的军事行动过程来说尤为重要。

网络法是一种逻辑和定量分析方法。因此它可以广泛地利用计算机。从网络的绘制、分析、优化和修正等一系列工作，都可以通过计算机来实现自动化。

综上所述，网络法可以对计划指挥中用传统方法难以解决的一系列至关重要问题作出有科学根据的回答。

1-5 计划与指挥

计划与指挥是运用网络法的两个基本问题，前者是制定计划，后者则是实施计划。

制定计划可以分为定性分析和定量分析两个工作阶段、八个具体步骤。如图1-1所示。前四个步骤：确定目标；确定工作项目；确定相互关系；构作网络模型。它主要是以**定性分析**为主，最终目标是建立网络模型，故亦称定性分析阶段为**建模阶段**。后四个步骤：工作参数量化；网络分析；最优化；制定日程进度。它主要是以**定量分析**为主，最终目标是制定工作的日程进度，故亦称定量分析阶段为**制定进度阶段**。

在定性分析阶段，首先应从系统的整体出发，去确定并把握系统所要达成的主要目标和解决的主要问题，明确系统的边界。在此基础上，再将系统分解为一系列为实现系统目标所必须考虑的那些要素或措施——工作项目；进

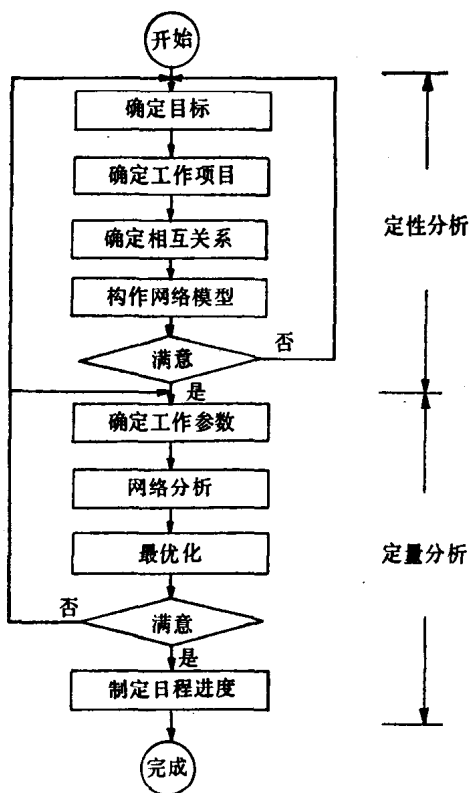


图1-1 制定计划的工作过程

而，建立这些工作之间的相互关系；最后，加以组织综合，构造出网络模型。从而，使系统成为一个有机整体，并得到空间形式化，为定量分析打下了基础。

从认识论和系统论的观点看，建模实质上是一个综合（整体）→分解（局部或要素）→综合（整体）的逻辑思维过程。

定性分析阶段的要旨是通过对系统所涉及到的各种相

互关系的处理，建立起一个满足系统目的网络模型，或者说是实现**定性的整体最优化**。因此，在这个阶段也应引入反馈环节。而这时，通常不考虑工作的持续时间，以及执行这些工作所需要的资源。这与传统方法是有区别的。

在定量分析阶段，首先应进行量化，即确定工作的持续时间以及完成该工作所需要的资源(仅当需要解决资源冲突和分配问题时考虑)。接着，就可以进行网络分析，首先是时间分析，其**核心问题**是，找出网络中控制整个系统进程——计划完成时间的关键性工作，以及由这些工作构成的关键线路。同时，也就明确了非关键性工作。在网络中那些非关键性工作，都具有一定的机动时间。其次，当需要解决资源问题时，还应进行资源分析，即求出整个系统对资源的需求量。随后，就可以将分析结果与系统目标比较，对模型实施时间和资源方面的优化，以求得需用时间和资源达到“极小化”的最优计划。在这里工作的参数和网络的相互关系可能会发生较大的变动。最后，就是制定日程，即为每项工作的执行，提供一个明确的开始和结束的天文(日历)时间。

定性分析和定量分析是不能截然分开的，它们之间是相互依赖和相互作用的，只不过有主有从罢了。在定性分析时，往往要涉及到定量因素；定量分析是在定性分析基础上实现的，而它对定性分析也会产生反作用。只有通过反复权衡，才能最终得到一个整体上最优的计划模型。

制定计划是为了实施计划，计划执行便意味着指挥工作的开始。现实是无法回避的，计划毕竟只是对未来的预测。事实上，原原本本地按照原计划进行的情况是很少的。环境的变化将会给系统以强烈影响。军事行动过程尤

其是如此。这就需要对系统的运行情况，实行全面的监督和控制，保证实现预定的目标。即随时根据计划执行情况的信息，求出与预定目标的偏差，最后修正计划。如此不断跟踪反馈，直到计划的完成为止。

可见，运用网络法不但能保证制定最理想的计划，而且在计划的执行过程中也能实现有效的监督和控制。

1-6 本书的目的与安排

如前所述，网络法作为一种科学的计划指挥与最优化技术，在世界上已经十分盛行。一些先进国家的军队应用也比较普遍。我军也早有提倡，并正在迅速普及。特别是近几年来随着现代科学的软技术群——系统论、信息论、控制论和管理科学、运筹学对军事领域的渗透，以及微型计算机的大量应用，自动化指挥系统的开始建立，在军队的计划指挥实践中应用这种科学方法已经成为时代的需要了，已经成为一种不可阻挡的必然发展趋势，而再也不是您喜欢不喜欢的问题了。也正如前述的那样，军队的科学计划与指挥问题已成为军事科学所要解决的首要问题，而网络法对于解决这一问题可以起到重大作用。

但是，目前国内还没有一本系统地介绍网络法与军事指挥的专著。这样，就在一定程度上导致推广和应用方面存在着一些障碍，甚至出现一些以讹传讹的形式主义的现象。在部队工作的实践使作者感触到，传统的军队计划指挥方法已经再也不能继续下去了，必须迅速地加以彻底的改革，必须建立一套完善的全新的科学方法，才能适应时代给我们提出的要求。有一种责任感，促使我去探索、去

实践、去呼吁。早在1977年底，我对军队的计划指挥问题有过一些构想，后来写出了《网络法在军事上应用》的一个讲义，曾在一些单位作过介绍，这个讲义可以说是本书的雏型。以后又写了《网络法基本原理及其应用》一书，但没有专门涉及军事问题。1984年10月，我又根据军事实践的需要写了《一种新的网络模型——时空网络》一文，曾在军事统筹法学术讨论会上作过介绍。因此，可以说撰写本书是潜心已久。其目的就在于完整系统地阐述网络法的原理及其在军事实践上的应用问题，为军队的计划指挥提供一种科学的方法。这样，就可能填补目前这方面的空白，也实现了我多年来的愿望。

全书共分九章。第一章绪言，主要阐述网络法的产生发展、精髓、主要特点、基本问题，和在军事上应用网络法的重要意义。使读者对这种科学方法及其在军事上的应用有一个总的了解。第二章至第七章主要阐述肯定型网络方法，这是本书的核心内容。第二章中叙述了有关网络模型的基本概念和规则，使读者对运用网络法的基础——网络模型有一个基本认识，为以后学习打下良好的基础。以后各章是按网络法中的计划与指挥这两个基本问题的逻辑顺序，并结合实例加以叙述的。这里系统而详尽地叙述了建模、量化、分析、优化和指挥的全部内容和方法。第八章是在特定条件下，较详细地介绍了随机网络，并有实例。主要目的是着眼于军事实践上的需要以及网络法应用方面的发展，使读者对网络法有一个更加深刻的认识。需要说明的是，这种方法在我军还只是刚刚开始应用，国内还很少看到公开出版的著作，而它在军事上的应用却有着广阔的前景。第九章阐述了时空网络。这是一种纯粹根据军事实践

需要而提出的，将军事行动过程必须涉及到的“空间关系、时间关系、逻辑关系”溶为一体的网络新方法，在军事应用方面具有重要价值。当然，还需要进一步完善和发展，希望能起到抛砖引玉的作用。此外，在本书附录中还提供了用BASIC语言编写的肯定型网络时间分析多功能程序系统。同时，还给出了一些具有代表性的应用实例，以供读者参考。

目前世界上已经出现了形形色色的网络方法，可谓是一个庞大的家族。这些网络方法按时间关系和逻辑关系的肯定型、非肯定型可区分为四种类型，具体方法已达50种之多。显然，本书不可能也完全没有必要去泛泛地介绍这些具体方法，而是力求打破各种特定方法界限，集百家之长熔于一炉，以求得一种适合于一般领域尤其是军事领域的综合性通用网络法。因此，本书所涉及到的网络方法，实际上是CPM、PERT、PDM(搭接网络的一种)、GERT(普通的随机网络)等几种典型的网络技术和单代号、双代号网络系统的综合体。

本书力求做到简明、通俗和实用。在叙述中充分运用了图示方法的直观效果，以及结合许多实例来说明，并尽量地压缩篇幅。同时，也没有在一些无关紧要的有关数学问题上纠缠，以至于使这种方法成为一种“玄学”，使人忘而生畏。这些对于普及推广来说是极端重要的。华老当年所著《统筹方法平话》一书，其中“平话”的含义就在于普及推广。也正是这样，书中所采用的例子也都是为大家所迅速理解的，这样还便于各军兵种接受，而可直接作为教材使用。为便于叙述，书中的实例也可谓是小系统。但必须指出，网络法的应用范围和规模绝不限书中所涉及到的课