

计划管理的新方法

关于 PERT 和 CPM 等方法译文集

中国工业出版社

计划管理的新方法

关于 PERT 和 CPM 等方法譯文集

中国工业出版社

計 划 管 理 的 新 方 法
关于 PERT 和 CPM 等方法譯文集

*

中国工业出版社編輯室編輯(北京佟麟閣路丙10号)
中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)
北京市书刊出版业营业許可証出字第110号
中国工业出版社第一印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $8^{1/8}$ ·插頁 2·字数170,000
1966年3月北京第一版·1966年3月北京第一次印刷
印数0001—4,520·定价(科四)0.90元

*

統一书号: 15165·3786(綜合-40)

編 者 的 話

計劃評審方法(PERT)和關鍵工序線路法(CPM)是近年新發展起來的一種對事業的科學管理手段，目前在國外應用頗廣，而且方法本身名目繁多、大同小異。但它們的內容不外是通過網絡的形式，在千頭萬緒的工程項目中，分清主、次、緩、急，以便對於整個工程進行控制和掌握。華羅庚教授綜合了這一特點，把這些名目繁多，實質雷同的方法，統一命名為“統籌方法”。

為了向我國的廣大讀者介紹這一方法在國外的應用及發展情況，我們編輯了這本“計劃管理的新方法——關於 PERT 和 CPM 等方法譯文集”。這本文集共包括十一篇文章，內容有對本方法的總的介紹、在各個不同部門中的應用、以及本方法的發展和改進等。

對於譯文中的一些術語，我們沒有強求統一，而是在各篇文章中第一次出現時，加註原文或在文後附名詞術語表，以便讀者參考。

本文集在編輯過程中，蒙中國科學技術情報研究所和人民鐵道出版社大力支持，謹致謝意。

目 录

編者的話

关键工序线路图方法(CPM)和計劃审定与检查技术(PERT)	1
計劃、评价与检查技术(PERT)在科学研究管理中的应用	6
怎样画程序計劃图——关键工序线路图方法簡介	9
关键工序线路法在系統設計和装配中的应用	15
关键工序路线編排法	25
不用計算机編制临界路线計劃	43
运用关键线路方法(CPM)安排鋼鉄厂輔助系統的設計工作	49
試用关键路线法縮短检修時間20%	53
开关网络分析法	59
編制企业建設計劃的新途径——控制工序法(COT)	68
計劃程序評审法运筹系統(TOPS)	79

关键工序线路图方法(CPM)和计划审定 与检查技术(PERT)

J. R. 拉 埃

前 言

二次大战结束以来，生产部门出现了新的变革，同时由于人口的大量增加、交通运输工具的发展以及科学的进展，在技术上也出现了新的问题。

许多问题是错综复杂的，而且要求迅速处理，于是组织工作者不得不采用电子计算机。这样，称为“决策科学”或“组织科学”的运筹学就成为帮助人们进行思考的得力工具。这门学科的主要业务范围是制订具有一定目标的规划。由于在这个范围内进行了许多研究，因而出现了诸如“关键工序线路图方法”和“计划审定与检查技术”等方法。

这两个方法出现后不到几年，就开始在世界各地广泛传播。美国海军的“北极星”导弹计划在很大程度上依靠了“计划审定与检查技术”。

沿 革

1. “关键工序线路图方法”

1956年，美国杜邦公司的技术人员和领导人物着手制订一种有系统的规划，借以协调企业不同业务部门的工作。由杜邦公司的数学家和工程师组成的一个工作队，在与雷明顿·兰德公司合作下，经过几个月的工作，就搞出了一个运用了图解理论的巧妙方法，这种方法不但用图解表示了各项工序和所需时间，同时也表示了它们之间的程序关系。利用这种方法，人们就可以考虑到一切影响计划执行的因素，从而易于修改计划，并可以采用计算机进行快速计算。根据这种方法的主要特点，给它定了一个名称，叫“关键工序线路图方法”。

在这种方法产生后的第二年，就决定把它用于建造一所价值一千万美元的化学工厂，但同时也不放弃老的制订计划的方法，就是说，分成两个工作队，一个队按“关键工序线路图方法”制订计划，另一队则按老的方法制订计划。计划制定后，由于某些技术上的原因，工厂的原定用途需作部分调整，40%的图样需加修改，于是必须重新制订计划。结果，以“关键工序线路图方法”工作队来说，只需修改原来计划的10%，而另一队则需全部返工。此外，经过“关键工序线路图方法”确定的执行时间要比其他方法确定的执行时间缩短两个月。利用图解和计算机进行模拟还可能再减少两个月。用新方法制订计划，不但可以明确真正关键性的工序，而且就在制订计划阶段，除了可以考虑工序成本外，还可

进行人力的合理分配。

1958年，“关键工序线路图方法”开始在施工現場作为协调和管理的工具。实践证明，这个方法很有效，于是杜邦公司的领导人就决定把它推广。

2. “计划审定与检查技术”

1958年，美国海軍着手制订“北极星”导弹计划，参加这项计划的企业共有11,000家，为了领导和管理这些企业，美国海軍的专家与其他研究人员合作致力于制订一个能够有效地进行领导和管理计划。结果，搞出了一个与上述杜邦的“关键工序线路图方法”类似的方法，即“计划审定与检查技术”。凡业务性质相同而工序时间尚未确定的各种工作都可以采用这种方法来有效地加以组织。

美国的很多政府机构和大型企业采用“计划审定与检查技术”和“关键工序线路图方法”的结果又产生了另外一些方法：

1. LCES (Least Cost and Estimating Schedule)：最低成本和估算计划法
2. PEP (Program Evaluation Procedure)：计划评价法
3. PACP (Product Analysis Control Procedure)：产品分析控制法
4. MAP (Manpower Allocation Procedure)：人力分配法
5. RAMPS (Resource Allocation and Multi-Project Scheduling)：物资分配和多种项目计划制订法

这些方法的目的在于合理利用物资和控制规划。有关这些方法的文章在刊物上发表的数目越来越多，这就表明它们已引起人们的注意，而且应用的领域也有所扩大。预料这些方法今后还会有进一步的发展。

计划的性质

为了对新方法的优点能有更正确的评价，不妨研究一下计划的性质。

一个计划应是某些相互制约的工序和措施的有条理的总体，其中考虑到，诸如人工、工具、材料、资金、时间、预算上的约束、延期和权限等各项因素。

1. 工序——经验告诉人们，工序的执行程序并不是随意的，它们的程序关系取决于某些因素，例如效果、物理限度、时间和执行费用等。由此可见，“有条理的工序总体”包括各项工序本身、它们的程序关系、期限和费用在内。

2. 资源——人力和物力是计划的要素。任务的完成需要依靠人力及其他条件，如工具、材料、资金和时间。

3. 约束——可以肯定，如果不存在约束的问题，就不需要制定计划。在制定程序的过程中已经可以看出这个道理，因为各项工序的相互关系是由于某些物理上和逻辑上的限制而发生的。

由此看来，工序、资源和约束是一个计划的要素，它们应该构成一个协调的整体，允许达到最完善的结果，就是在最短的时间内以最低的费用获得最好的产品。所以真正的计划应该具备下面几个特点：

(1) 可以快速和易于改变，(2) 在方针上有选择余地，(3) 各方面负责人都有

可能看出全部程序关系，（4）在各部門之間有直接的和及时的联系，（5）安排好一切可以动用的資源，（6）即使在計劃阶段中也可明确地看出关键性工序，（7）对非关键性工序的伸縮余地能有深入的分析，（8）可以直接和灵活地控制計劃的执行。

制訂計劃的方法

1. 普通方法

一个計劃不論其性质和規模如何，在执行时总会存在一些互相制約的因素。制訂一个計劃就是要协调这些因素。当工序简单而为数不多时，它們之間的关系是显而易見的，因此計劃也可归納为几条扼要的說明。然而当工序增多和問題复杂时，就需要依靠图解方法进行安排。采用这种方法不但便于記憶和推理，而且也能加强不同部門負責人之間的联系。一般采用的方法是用带状长条表示工序及其期限，其长度与工序時間成正比。这种图解可以起两种作用：首先作为制訂計劃的工具，随后，当計劃制訂完毕时作为工作日程表(图1)。

130'-0" × 42'-0" 鋼筋混凝土旱桥的建造

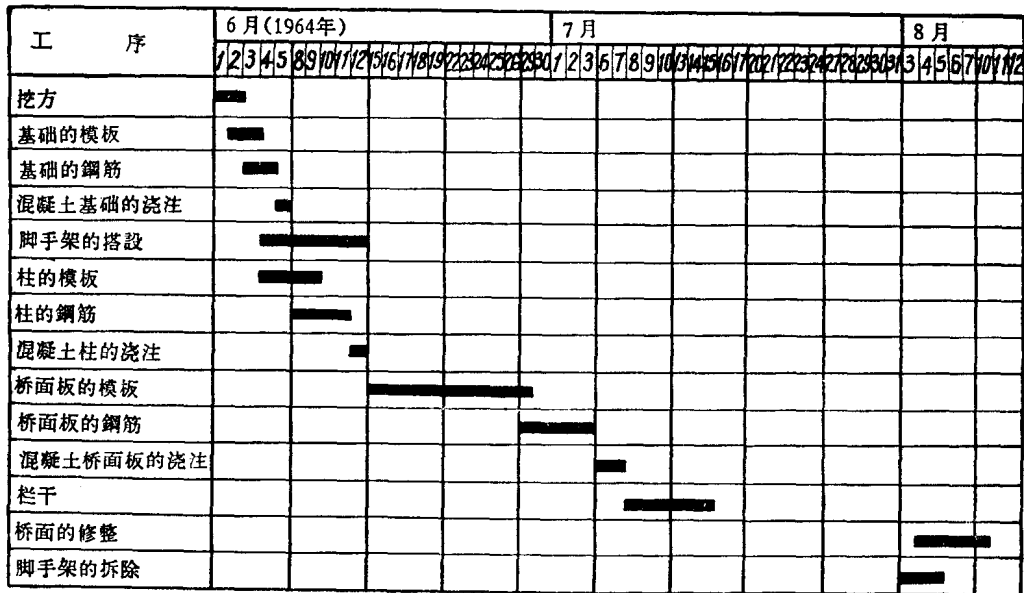


图 1 旱桥施工中主要工序的图解

2. 最新的方法

上述图解方法的主要特点是任务的时间分配，这种分配是经过深入研究計劃的不同要素之間存在的关系后确定的。然而这种图解沒有詳細說明这些关系，因此当需要确定某一事故或某一修改对全部工序的影响时，必須重新进行全面分析。在大多数的現代企业中，計劃規模宏大，要进行这项工作是相当困难的。再者，专业的不同和人員的众多使計劃执行人和計劃制訂人之間的联系也更为困难。此外，必須考虑生产成本对工程进度或工程进度对生产成本的影响，这就使問題更加錯綜复杂。

“关键工序线路图方法”和“計劃审定与检查技术”就是针对这些問題应运而生的。它

們并不是要替代經驗和直覺知識，而是以正確的數據和對計劃的明確認識為基礎作出合理的決定。它們第一次把擬訂程序計劃和編制日程區分開來，並在制訂工作計劃時分別進行這兩項工作，因此改正了舊方法中的嚴重缺點。首先，它們對各項工序之間的程序關係用圖解表示出來，也就是說，制訂出“程序計劃”。然後，根據這個計劃可以編制日程計劃，即對各項工序分配不同的時間，並規定它們所能運用的物資，以便在最有利的條件下達到計劃的目標。

制訂計劃的步驟

一個真正的計劃應該分兩個方面來制訂，即上面說過的擬訂程序計劃和編制日程計劃。

1. 擬訂程序計劃

在考慮資源之前，必須確定計劃中所涉及的工序和機構，以及計劃進程中的各個階段，也就是各項工序的先后次序和相互之間的影响。這項工作有賴於工作人員的經驗和智力，最後應當搞出一個用圖解形式表示的有條理的計劃。

2. 編制日程計劃

工序計劃訂立後，就可確定每個工序的期限和費用，然後考慮到可以運用的資金、人力等以及相互的程序關係而編排出一個最好的日程計劃，這種日程計劃是一種真正的工作日程表。這種處理方法比其他方法有無可爭辯的優越性。

“關鍵工序綫路圖方法”的特點

“關鍵工序綫路圖方法”具有以下特點：

1. 它是從工序及工序之間的程序關係的圖解表示法着手的，2. 它是在考慮資金和約束的情況下，為編制日程表提供了一種精密的計算工具，3. 在工序目錄內它可以把誤差和遺忘的危險減少到最低限度，4. 它可使一切有關人員一看這種圖表就能對計劃有一個具體的

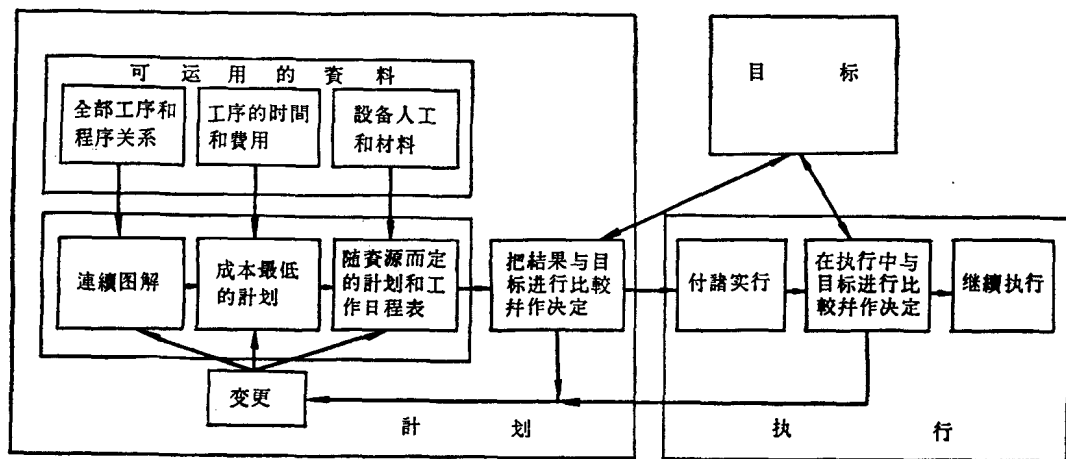


圖 2 計劃的訂立及其在控制執行中的作用

印象, 5. 它允許在执行中可以灵活地和几乎自动地加以控制, 6. 它在执行中, 可按需要来調整计划, 7. 它考虑到工序时间与工序费用之間的关系, 8. 它利用电子計算机进行繁复的計算。

“计划审定与检查技术”的特点

“计划审定与检查技术”基本上具有与“关键工序线路图方法”同样的特点, 只是在次要方面有所区别。“关键工序线路图方法”是以經驗为基础来确定工序的期限, 至于“计划审定与检查技术”中的工序期限則是不固定的, 所以必須掌握它們的概率法則或根据三种估計时间——最长时间(最不利条件)、最短时间(最有利条件)和最可能的时间——来确定它們。两种方法的图示方式也有所不同。此外, “计划审定与检查技术”的日程表不但标出了滿期日期, 而且还标出了它們的概率。

这两种方法仍在繼續发展和相互补充, 以便能得出更完善、更能适应各种需要的方法。例如, 目前在美国已有这样的趋势: 工序时间采用“计划审定与检查技术”的三种估計时间, 但是工序的程序关系則利用“关键工序线路图方法”的图解来表示。

应用和前途

就美国政府大多数的大型工程而言, 美国政府已要求承办人提供以这些方法为基础的合理计划。最近, 这些方法的应用范围更广, 例如百老汇劇場演出的組織、大型企业体制的建立、新产品在市場上的抛售、大型工程的建造等等都采用了这些方法。正在发展中的国家有可能利用这些方法来制訂能協調一切經濟部門的业务的統盘计划。在加拿大, 蒙特利尔市的地下鉄道的建造和1967年世界博覽会的場地安排也是应用“关键工序线路图方法”的两个例子。某些建筑师和工程师已經預見到在某些工程的施工中应用这个方法的可能性, 魁北克的公路工程部已开始采用这个方法制訂计划, 这些计划既可加速公路网的实现, 又为长期规划的制訂奠定基础。

估計几年以后, 这些新技术将成为一切规划負責人和企业管理人員的通用工具。

加拿大《L'Ingénieur》, 1964, 50, №200, 62—67

蔣亥蒙 舍 予編譯

计划、评价与检查技术(PERT)在科学研究管理中的应用

B. 古 申

1. 什么是“PERT”

美国在着手研究“北极星”系统的时候，工作计划中，包括有改进科研工作和试验设计工作的计划方法和评价方法的科学研究。这样作是为了让总包公司能对“北极星”系统基本元件的研究进行监督，而从事这项研究的有8个总包公司，250个二包公司和将近9,000个三包公司。

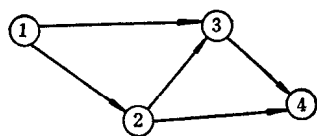


图1 “PERT”原始线路图

科学家在建立新的领导方法时，遇到了较大的困难。第一，必须计划好难以计量的脑力活动；第二，在每一科研工作的过程中都会产生全新的问题，而解决这些问题是不能以老经验为依据的；第三，研究计划要不断修改，因为预言研究工作的效果，有时是不可能的。

计划和评价试验设计研究状况的新方法，叫做计划、评价与检查技术。其实质在于，首先建立一个计划的雛型，使其反映各项工序之间的所有依赖关系（图1）。圆圈表示工序；箭头表示人们正进行的工作、机器完成的过程以及原来的设想和依赖关系。

2. “PERT”在新型飞机研制中的运用

现举例分析一下，在研制新飞机时如何运用计划、评价与检查技术。假定已拟定了下列各工序：1.取得开工许可证；2.与公司签订供应发动机的合同；3.提供设计书和技术条件；4.完成机身图纸的绘制；5.提出飞机设备的要求；6.与三包公司签订供应尾翼的合同；7.与三包公司签订提供机翼的合同；8.结束机身的安装；9.完成机身和发动机的安装；10.向三包公司取得尾翼；11.向三包公司取得机翼；12.取得飞机设备；13.完工。

图2是实现这一计划的线路图。此一方案编制之后，就要计划从一个工序转到另一个工序所必需的时间（时间以周为单位，注在各工序线路之上）。

由于研制期限不能过早地准确规定，所以可以对从一个工序到另一个工序的时间作三种估计，即“最可能的”、“乐观的”和“保守的”。最可能的估计，系指不发生任何妨碍进程的意料之外的問題。“乐观的”估计意味着，实际上在任何条件下完成这一工序都不能用比此更短的时间了。“保守的”估计，指无论如何也不能超过这个时间，除非发生

特殊事故，即不可能用任何规划来规定的突然事件（如遇险等）。

对工序预计时间的估算，由计算机按数理统计规律进行。

图3中的曲线，反映了参与建立“计划、评价与检查技术”系统的某些专业人员关于完成某项工序所需时间分配的意见。

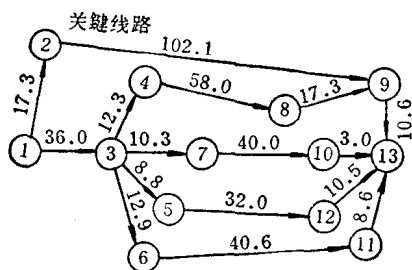


图2 新型飞机研制中PERT系统的运用

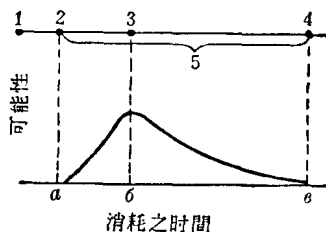


图3 时间分配估计曲线图

1—工序的开始；2—“乐观的”估计；3—“最可能的”估计；4—“保守的”估计；5—工序的结束

当实现计划的线路图草拟完毕和每项工序完成的时间确定之后，就会发现关键工序（《关键线路》），即需要更长时间的工序。写在这个箭头之上的数字之总和，是实现全部计划需要的最短时间。确定《关键线路》是计划、评价与检查技术的主要优点。

此后，将线路图和时间估计输入计算机计算。计算机进行核算并给出下列情报：

1. 工作程序，即全部工作的程序单，标有过去的和后来的工序；
2. 每一工序开始的最早时间；
3. 每一工序开始的最迟时间，但不能迟于完成计划的期限；
4. 每一工序单独结束的最早时间，即从工序开始到完成所用的最少的时间；
5. 每一工序结束的最迟时间，即从工序开始到完成所用的最多的时间；
6. 机动时间，工序在预定时间未完成时，可以利用这个时间来完成，但不能影响整个计划的完成。

3. “PERT”的优越性

计划、评价与检查技术系统的最大优越性，就是计划最佳化的可能。例如，两个工作应当同时完成，而一件工作需要20天，另一件需要100天。两件工作同时开始，是不行的。时间用得少的工作，在许多情况下宜于在较晚的时间开始，从事这项工作的人最好调往关键工序，从而使关键工序的完成有充分保证。

执行人每两月用工作进程报告卡片向领导提出报告，或者说明时间估算是对的；或者对之进行修改。开始，许多承包公司拒绝运用计划、评价与检查技术，他们认为这只会徒增公文的周转和加重技术人员的负担。但是，这种担心是不必要的。填写报告卡片总共只需半个小时。

根据报告卡片的材料，计算机再一次找到“关键线路”和其他最关键的工序，这些工序是在工作过程中因未按时完成，或因缺乏劳力和材料等原因而产生的。同时，计算机指

出了可以利用的后备力量。它还能对该时间内计划完成的情况进行总结，并能指出脱离原计划对以后的工作进程产生什么影响，也就是说，能进行预报。

“计划、评价与检查技术”系统正在不断地改进。现在已经有：计划时间用的“时间计划、评价与检查技术”，计划时间和价值用的“价值计划、评价与检查技术”，计算时间和可靠性用的“可靠性计划、评价与检查技术”。

“计划、评价与检查技术”系统能预先计划时间和资金，确定完成每件工作的时间和价值，预言可能脱离计划和预算的程度，估计设计的完成期限和价值，分配资金。

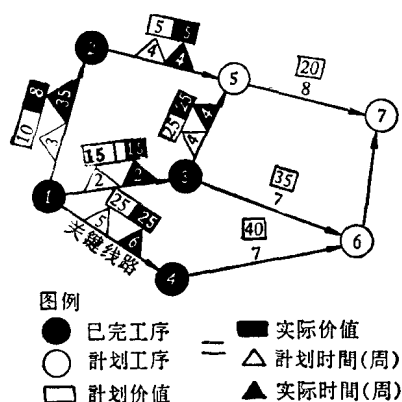


图 4 “价值-PERT”线路草图

的实质及其在“北极星”计划中的应用，已拍摄了彩色有声电影。

苏联《Техника и вооружение》，1964，№11，82—84

賈宝廉譯 耐 林校

“价值-计划、评价与检查技术”线路图，和上列图类似。但是，除了计划时间和实耗时间的估算以外，它还包括计划费用和实用费用（图 4）；也就是“价值-计划、评价与检查技术”对工作进程和研制工作的财政开支提供了一个完整的概念。如果在某一阶段将时间和资金全部耗完，那么就要求对时间和价值进行新的估算。每一个领导人只能取得他们所需要的那部分情报。

为了让参与制定军事设计的较小公司也实行“计划、评价与检查技术”系统，美国海军司令部建议把研制计划交给按“北极星”计划进行生产的承包公司。为说明“计划、评价与检查技术”系统的

怎样画程序计划图

——关键工序线路图方法简介

J.R. 拉 埃

前 言

关键工序线路图方法的基本手段是线路图或叫“程序计划图”。线路图基本上是由箭头组成的，以两端来说明起迄关系，并代表一项工序。从性质上来讲，它表明工序是如何安排的，是连续的还是同时并举的。在此阶段，计划还不是一个完整的计划。因为，它只表明工种的程序关系，而没有决定这些工序的施工期限。所以一个完整的计划包括程序计划和日程计划。

日程计划包括求出时间的分配和确定人力、物力。这是制订计划的第二阶段，它是在程序计划的基础上实现的。

本文将只叙述关键工序线路图方法的程序线路图的作法，这是建立一个合理计划的第一阶段。

某些术语

在介绍作图法之前，先把关键工序线路图方法中的所谓“工序”解释一下。

工序是一项任务，或叫一项“活”。它有一定的时间限制。工序有实在的与虚设的。对于一个计划来说，工序又有主动与被动之分。主动的工序是指工程负责人通过劳动力、设备、资金等安排可以直接加以控制的工序。竖立钢筋骨架、建造浇水泥的模板、制造组件等，这些都称为主动的工序。器材的运抵现场、工程的批准、水泥的凝固等都属于被动性质的，这些工序取决于外部的作用，对于它们，工程负责人只能间接地或部分地加以控制。关于虚设工序的定义，在“作图法”这一节中将加以说明。

工序在线路图中是用一道箭头来表示的，其两端分别表示工序的开始和结束（见图1a）。互相衔接的两个工序以相连的两矢表示，中间的连接点表示一矢的终点，也是另一矢的起点。这一点代表一件事，也就是计划的一个阶段或部分目标（见图1b）。

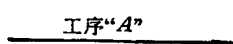


图 1a

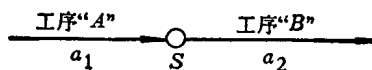


图 1b

S—连接点(表示一件事)
 a_1 —表示工序“A”的矢
 a_2 —表示工序“B”的矢

矢的长度与工序的时间无关。图1b表示工序“B”在工序“A”之后。在工序“A”的终点（图1b），即在连接点S处，可能有两个工序（B和C）开始，那末可以从S点起，分别作相应的两矢“B”和“C”。图2表示这两个工序是同时进行的，它们的开始则取决于工序“A”的完成。

各矢仅表示有多少工序，而连接点S则表示其相互关系。图3表示工序D和E应该在工序F开始之前完成。

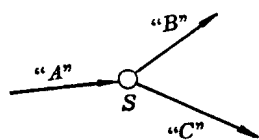


图 2

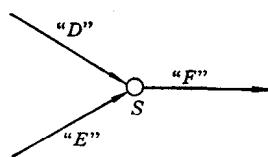


图 3

作 图 法

一、总的条件

作图时，第一个必不可少的要素是一张完整的全部工序的清单。这张清单应该包括一切能使此工程推迟的因素，如批准、检验、许可证、现场交货等。第二个基本要素是工序的排列，即决定全部工序的程序关系，或相互制约的因素，这些因素从逻辑上决定了工序的先后。当人们已经掌握这些资料，就可以考虑已知的规定来设计线路图，这就是程序计划。

例如，某一个计划共有11个工序，每一工序用一个字母代表。首先把这些字母按字顺排成一栏（见表1）。在第二栏中，对每一工序列出应该比它先做的工序，而在第三栏中列出紧接在它后面的工序。

表 1

工 序	居于前者	居于后者	工 序	居于前者	居于后者
A	无	B, C, G	G	A	J
B	A	D, E	H	D, C	J
C	A	H	I	E	K
D	B	H	J	F, G, H	K
E	B	F, I	K	I, J	无
F	E	J			

用上述资料可以作成如图4所示的线路图。

第一个工序是A，其后有B、C、G三个工序，根据习惯的方向，从左到右画出A矢，再从A矢的终点画B、C、G三矢。现在可以考虑这三个工序。以B为例，B后有工序D和E，于是从工序B的终点起画D与E矢。H矢在C矢之后，但它又在矢D之后，所以C矢与D矢有一共同的终点，这一点即H矢的起点。依此类推，直至画出最后一道工序，线路图即告完成。

也可以不从第一个工序A开始画线, 可以从任一工序开始, 例如从H开始, 然后围绕这一工序, 从其两端来完成这一线路图。也可以从最末一道工序开始, 而追溯到第一个工序A。后一种方法是常用的。因为它可以很好地检验程序, 同时线路图也就画成。

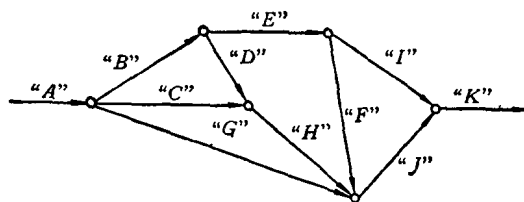


图 4

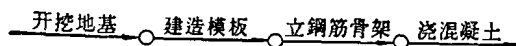


图 5

兹以一个计划的部分目标, 即建造一个屋架的混凝土基础工程为例。把这项工程简化为下列四个工序:

1. 竖立钢筋骨架
2. 建造模板
3. 开挖地基
4. 浇灌混凝土

按逻辑次序, 这些工序应按图 5 排列。

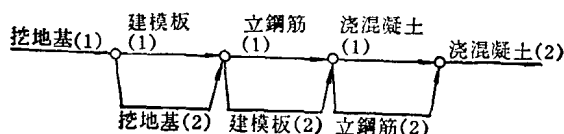


图 6

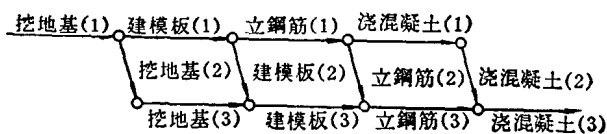


图 7

图 5 表明, 全部开挖地基工作似乎应该在建造模板之前完成, 依此类

推, 钢筋骨架的竖立应该在全部模板建造工作完成后才开始, 而混凝土的浇灌应该在钢筋竖立在模板中以后才开始。在逻辑上的确是这样, 但这不是一个好办法。如果工程很重要而又没有物质上的限制, 则在挖地基工作未全部完成之前, 也可以先建造模板, 而一部分模板建成后, 也就可以竖立钢筋骨架。这样可以将一个工序分成两部分, 并画成图 6。

图 6 表明, 开挖地基的第一阶段结束时, 可以同时进行建模板的第一阶段和挖地基的第二阶段。一旦此两阶段完成, 则可以开始建模板的第二阶段和立钢筋的第一阶段。同样, 完成了立钢筋阶段(1)和建模板阶段(2), 就可以开始浇混凝土阶段(1)和立钢筋阶段(2)。此项工程以完成最后的混凝土浇灌工作而告终。

这样做就比图 5 的计划有所改进。将工序分段的结果, 减少了施工时间。可是这一施工计划还是可以继续改进。

由图 6 可见, 立钢筋的第一阶段, 似乎只能在建模板的第一阶段和挖地基的第二阶段完成后开始。但实际上并不一定要在挖地基结束后, 才开始立钢筋。一旦建模板部分就绪, 不论挖地基是否全部完工, 都可立钢筋。同样, 在建模板第二阶段完工前, 也可以进行浇混凝土的第一阶段。

可以将每个基本工序分成更小的阶段。图 7 即表示新的程序。

图 7 表明, 立钢筋阶段(1)逻辑上应在建模板之后, 但已不再取决于挖地基(2)。

同理，浇混凝土阶段（1）不再取决于立钢筋阶段（2）。

现在可以看出，即使还没有算出各工序所需要的时间，借助于程序关系的研究，就有可能在程序计划阶段，缩短工程所需时间。

三、工序的数字表示法

表示工序的矢有其起点和终点，而一个线路图也只有一个起点和一个终点，这就是第一个工序的开始和最后一个工序的结束。实际上，在工程计划开始时，即使有许多工序可以同时进行，但总可有一项具有综合性质的工序排在各项工序之前，即开工前的准备工作。对此项工序给予时间的多少，视这一工序的重要性而定。

线路图画成后，顺次将数字填入所有连接点；一方面勿使数字重复，另一方面使矢的终点数字总是大于矢的起点数字。如果将数字列入图4，则可得到图8。

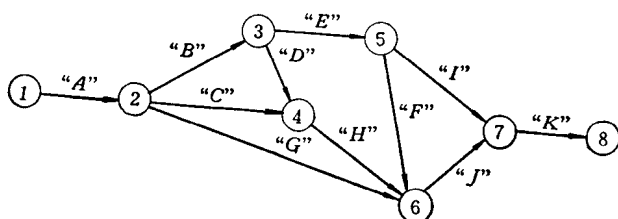


图 8

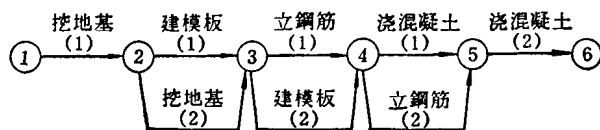


图 9

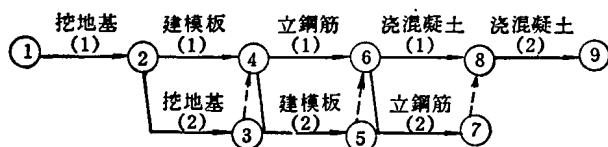


图 10

四、虚设的工序

如果将数字填入图6中的连接点，则可得到图9。

图9中工序的数字表示是很模糊的，例如一对数字2、3，既可表示挖掘地基（2），也可以表示建模板（1）。为了符合数字表示明确的规则，应导入虚设的工序，它仅表示一种程序关系。图10表示修正后的线路图。

施工程序并未改变，只是导入了虚设的工序，以保证每一工序由一对数字表示。

假设工程计划的一部分由四个工序A、B、C、D组成，这四个工序的相互关系如表2所示。

由表可见，B的开工取决于A，D取决于A和C。

表 2

工 序	居于前者	居于后者
A	—	B, D
B	A	—
C	—	D
D	A, C	—

在线路图中，不能以两矢表示同一工序，因此应以图12代替图11。

但图12的表示方法也不真实，因为它不仅表明D，而且表明B都取决于A和C。这与