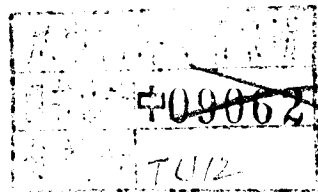


统筹方法译文集

——建筑施工管理

07

中国建筑工业出版社



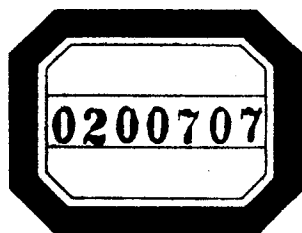
统筹方法译文集

——建筑施工管理



006268 水利部信息所

J.奥布赖恩 等 著
葛震明 钱昆润 李 静 译
卢 谦 等 校



中国建筑工业出版社

本译文集包括四篇文章。

第一篇比较全面地介绍了关键线路法。包括网络的绘制，事件和工序的时间计算，进度计划与资源计划的编制与调整，以及工程成本的分析等内容。

第二篇介绍网络图的一般概念及计划优化的方法和步骤。

第三篇阐述资源供应有限时的最优工期，给定工期并使资源需要量高峰最小时确定最优资源分配，以及工期与成本的优化等内容。

第四篇阐述网络绘制的基本规则与表示方法，关键线路与时差的概念与应用，以及工期调整等问题。

本书主要供广大建筑工作者和土建类高等院校师生参考之用。

统 筹 方 法 译 文 集

——建筑 施 工 管 理

J. 奥布赖恩 等 著

葛震明 钱昆润 李 静 译

卢 谦 等 校

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北省香河县印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：8 字数：215千字

1981年10月第一版 1981年10月第一次印刷

印数：1—6,400册 定价：0.78元

统一书号：15040·4047

2035/8

前 言

五十年代以来，为了适应生产发展和科学研究工作的需要，国外陆续出现了一些计划管理的新方法，这些方法尽管名目繁多，但是内容大同小异，都是建立在网络模型的基础上的，我国华罗庚教授把它们概括称为统筹方法。

统筹方法在工业、农业、国防以及关系复杂的科学研究的计划和管理中都得到了广泛的应用。

这种方法在建筑施工中，主要用来编制建筑安装机构的生产计划和建筑安装工程施工的进度计划。

统筹方法的基本原理是：首先，应用网络模型来表达一项计划（工程）的各个工作（施工过程、工序）的相互联系相互制约的关系；其次，通过计算，找出关键工作和关键线路；再次，通过不断改善网络计划，选择最优方案；最后在计划执行过程中，进行有效的控制和监督，保证以最小的消耗取得最大的经济效益。

这种方法的具体步骤是：

1. 绘制网络计划，并确定（或估计）各个工作的延续时间。
2. 通过手算（分析计算法、表上计算法、矩阵法、图上计算法等）或电算，求出各个事件最早开始和最迟开始的时间，计算各个工作最早开始、最早结束、最迟开始、最迟结束的时间以及总时差和局部时差，并判别关键工作和关键线路。
3. 满足既定的要求下，按某一衡量指标（时间、成本、资源等）寻求最优方案，保证在计划规定的时间内用最小的人力、物力和财力完成任务，或且在人力、物力和财力限制的条件下，用最短的时间完成任务。
4. 在执行过程中，不断收集、传送、加工、分析信息，使决策者可能实现最佳抉择，及时对计划进行必要的调整。

总之，这种方法通过建立网络模型，并利用网络模型和电子计算机进行模拟、预测、优化和调整，把系统工程的方法和工具应用到计划管理领域中来，从根本上改变了以往编制计划缺乏严格科学方法的状况。因此，它引起美国、加拿大、英国、法国、德国、日本、苏联等国普遍的重视和广泛的应用，各国文献对这种方法作了大量的报导，许多国家还颁布了有关编制和应用网络计划的专门指示和基本条例等法令性文件。

我国从六十年代采用以来也收到了一定的效果。

在比较复杂的网络计划的时间参数计算和网络计划最优化过程中，往往需要进行繁冗的计算，因此需要强有力的运算工具——电子计算机。

应用电子计算机编制网络计划是按专门程序进行的。

目前，国内外所编的程序能够

1. 自动检查网络计划编号是否符合计算要求，否则，能够自动重编；

2. 自动检查网络计划是否存在循环线路（或称逻辑回路）；

3. 自动把若干彼此有关的局部网络计划合并成综合网络计划；

4. 计算各个事件、各个工作的时间参数；

5. 当总的延续时间超过规定期限时，电子计算机能够根据预先输入的各个工作可能采用的加快时间自动调正，输出符合规定工期的网络计划。

6. 进行资源（三种）有限，工期最短的优化计算；

7. 进行工期规定，资源最少的优化计算；

8. 进行工期最短，成本最低的优化计算。

计算后，分别按关键工作和非关键工作输出计算结果。其中非关键工作还可以按时差从小到大顺序输出。

根据需要，电子计算机能够按不同执行单位，分类输出各自计划；

根据需要，能够分级输出粗细程度不同的计划；

根据需要，计算结果输出时，除了用工作天表示外，能够按规定的开工日期，自动换算并输出日历天。

根据需要，能够输出横道图计划；

根据需要，能够分别按工作最早开始、最早结束和工作最迟开始、最迟结束日期计算和输出各种资源每日需要量和逐日累计资源需要量计划；

根据需要，还能够计算并输出有关技术经济指标；

根据需要，还能够重复打印需要的份数，以便分送有关部门执行。

对于非肯定型网络计划，计算机还可以计算并输出各个工作延续时间的加权平均值、方差及实现整个计划和各个事件的概率。如果概率偏低，可以通过计算机控制台板键直接置数，给出新的工期，计算机能够马上重新计算，重新输出计划，直到满足要求为止。

在执行过程中，机器能够根据已经变化了的情况，重新计算和优化网络计划并输出相应的结果。

以上这些计算程序的功能为进一步推广统筹方法，创造了极其有利的条件。

为了适应四个现代化的需要，为了学习外国先进经验，进一步推广计划管理新方法，我们选译了不同文种的四篇文章，汇编成册。供广大建筑工作者参考。

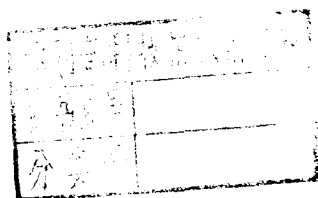
限于水平，加上时间仓促，译文中一定存在着不少缺点和错误，敬请读者批评指正。

本书第一、二篇由同济大学葛震明同志翻译，第三篇由南京工学院钱昆润同志翻译，第四篇由邮电部邮电工业标准化研究所李静同志翻译。全书由清华大学卢谦、梁绍周、佟一哲、甘绍熹同志校核。

江景波

一九七九年六月于上海

目 录



前 言

第一篇 建筑施工中的关键线路法

概 述	1
第一章 关键线路法的基本内容	6
第一节 箭头图	6
第二节 网络逻辑	9
第三节 逻辑回路	12
第四节 事件	14
第二章 网络图的作图方法	18
第三章 工程实例	24
第一节 工作项目明细表	27
第二节 网络逻辑	29
第四章 事件的时间计算	39
第一节 时间估计	39
第二节 直观的计算方法	41
第三节 事件最早可能时间 (T_E)	41
第四节 事件最迟允许时间 (T_L)	43
第五节 关键线路	46
第五章 工序的时间计算	46
第一节 工序开始时间和工序结束时间	47
第二节 关键工序	48
第六章 关键线路法组织施工所需资料的汇编方法	51
第一节 适用CPM的工程	51
第二节 采用CPM的时间	52

第三节	资料汇编方法	52
第四节	分包单位	54
第五节	编制网络需要的时间	55
第七章	关键线路法网络图的编制	58
第一节	工程分解的详细程度	58
第二节	分部网络图	61
第三节	网络图的形式	62
第四节	优先的逻辑要求	62
第五节	物资供应	63
第六节	工程特点	65
第八章	关键线路法进度安排的若干问题	66
第一节	竣工日期	67
第二节	意外情况	67
第三节	进度计划	68
第四节	进度与季节因素	69
第五节	资源	70
第九章	工程施工进度的监督和控制	72
第一节	工程进展情况	73
第二节	逻辑顺序的保持	74
第三节	调整	75
第四节	网络的调整报告	76
第五节	采用CPM方法作定期调整(监督和控制)的优越性	76
第六节	简要网络图	78
第七节	网络调整周期	80
第十章	资源计划	81
第十一章	关键线路法与费用的控制	86
第一节	CPM中的费用估计	86
第二节	经常性支付款项	88
第三节	费用控制	89
第四节	费用预测	92
第五节	加速工程施工的费用	96

第二篇 关键线路进度计划

概 述	108
第一章 网络逻辑	111
第二章 确定关键线路	112
第三章 费用方面的考虑	114
第四章 费用最低的演算方法	115
第一节 调整资源冲突	115
第二节 资源均衡	119
第三节 时间-费用关系的研究	120
第五章 线性和动态规划	125
第一节 确定关键线路的线性规划模型	125
第二节 研究时间-费用关系的动态规划模型	126
第六章 应用	129

第三篇 资源计划、工期、成本等问题的优化

第一章 资源计划	132
第一节 引言	132
第二节 资源供应有限额时的最优工期分析	133
第三节 给定工期并使资源需要量高峰为最小时 确定最优资源分配	153
第二章 缩短工期及工期与成本的优化	160
第一节 网络计划中工期的缩短	160
第二节 工期与成本的优化	179
第三章 网络计划的连锁	189
第一节 概述	189
第二节 单项网络计划的连锁(开始与结束时间 不固定的情况)	190
第三节 网络计划的连锁(考虑资源调整及特殊 工期要求)	204

第四篇 统筹施工管理方法的基础

第一章	由横道图到网络图.....	223
第二章	符号与表示方法.....	225
第三章	关键线路和时差.....	231
第四章	分关键线路.....	240
第五章	工期调整.....	243

第一篇 建筑施工中的关键线路法

概 述

美国每年用于建筑工程的费用很多，约占国民生产总值的百分之十以上，例如一九六四年约为 660 亿元；数字相当庞大。因此建筑工程在国民经济和人民生活中是一个很基本的问题。为了解决好这个问题，在任何建筑工程开工以前必须花费相当多的时间进行设计、预算和施工计划等工作。此外，从某种意义上说，建筑施工又是人与时间的一场竞赛。而本书的目的，就是对于建筑施工各方面人员如何对这种竞赛进行考察分析，如何安排施工过程提供较新的观点和方法。

在建筑施工中，承包单位（特别是总包单位）是主要角色，建筑业主、建筑师和工程师等就象是一场演出的支持者、剧作者和导演，而要使这场“建筑施工”演出获得成功，关键是承包单位。

一般施工计划都由承包单位编制，在关键线路法（CPM）提出以前，编制进度计划没有一个严格的科学的方法。因此一项计划的安排往往取决于计划人员的知识、经验和技能。关键线路法现已在许多工程上得到检验，取得了广泛而良好的赞许，当然还有一个推广运用的过程。

关键线路法适用于各种类型的工程建设项目，既可用于大型复杂工程，也适用于小型工程。它适用于安排进度计划、资源和人力计划以及成本管理等很多方面。用关键线路法编制计划可借助于电子计算机进行计算，也可以采用手工计算。

除了关键线路法以外，在建筑工业中还有其他类似方法，其

名称不同，但基本原理相同。几乎与关键线路法同时提出，起源于军事工程的计划评审法（PERT）也是广泛使用的一种方法。

1. 传统的计划方法

自十九世纪中叶开始有施工与时间关系的图示方法出现。以后由亨利·L·盖特和弗雷德里克·W·泰勒发展了这种方法。1900年他们开始普及这种施工时间图示方法，就是今天的“横道图”的基础。这是最早对施工进度计划安排的科学思考。这种方法很快地运用于工程计划。“横道图”过去是，现在仍然是深为各级管理人员和监督人员广泛使用和熟悉的方法，因为它比较容易阅读和理解。

“横道图”适用于编制建筑施工计划，但在表现内容上有局限性。首先因为它不能表示出与控制施工进度有关的各施工活动之间的内在联系和相互依赖关系，即相互间的逻辑关系。即使编制计划的人员开始曾仔细分析和考虑了一些问题，但在图上却反映不出来，文字也表达不清楚。特别是在修改计划时（如缩短工期）往往只能根据规定的工期倒过来安排进度。这样调整计划当然缺乏依据。如图1-1是一小型办公用房施工的横道图，初步安排工期为十个月。如要求在六个月内完成，计划人员就可能以六

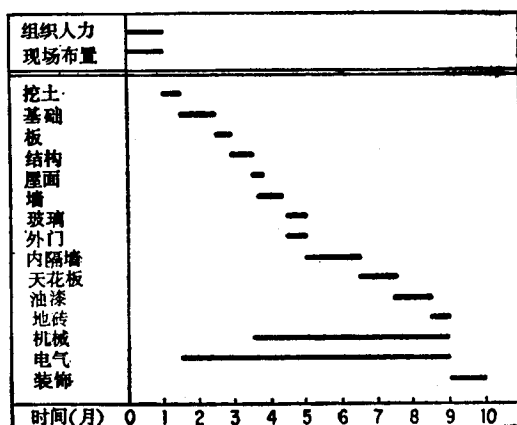


图 1-1 小型办公室施工横道图

个月为期限，倒过来排成图1-2的计划。显然别人根本不知道这样改变计划的逻辑依据是什么。

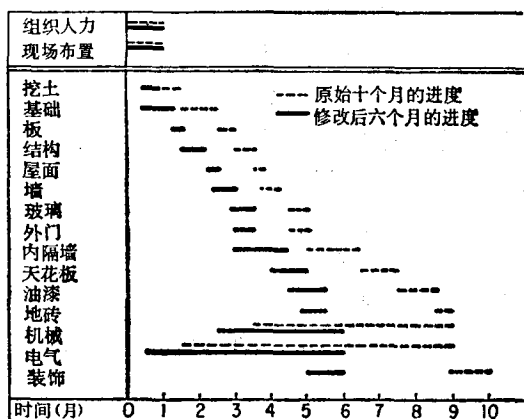


图 1-2 小型办公室施工横道图（修改后）

综合的工程施工计划一般由总包单位负责编制，在横道图上反映了各分包单位开始施工和结束施工时间（如图1-1中机械化施工工程和电气施工工程），但是因为逻辑关系不明确，因此在计划执行过程中往往互相埋怨、各不负责，最后影响了工程进展。这样的横道图虽在编制时花了不少精力，但实际作用却不大。采用关键线路法就可以改进上述的问题，因为关键线路法的网络图反映了与工程施工有关的一切施工活动间的相互依赖关系。

横道图虽然有不足之处，但可取其清楚和容易理解的优点，在计划过程中作为辅助用表，与关键线路法结合使用。

2. 关键线路法的历史

1956年杜邦公司建立了一个小组专门研究可供公司工程部门使用的新式管理技术，最早考虑的内容之一就是建筑施工计划和进度安排，并且采用了电子计算机。在工程技术人员和数学家的共同努力下，达到了初步目的，对计算机输入一整套施工顺序和每个工序延续时间的程序，计算机就能产生一个相应的施工进度计划。

1957年初，美国通用电子数字计算机（UNIVAC）应用研究中心在有关人员的努力下，对上述工作进行了总结和修改，发展成为最基本的CPM，即关键线路法。

1957年12月，对这一新技术作了试验应用，建立了一个试验小组，由六个工程师、三个有关专业工程师和一位预算人员组成。同时还有一个常规的进度计划编制小组。二个组分别对一项造价一千万美元的化学工厂的工程施工编制计划。1958年3月，试验小组和常规小组都完成了他们的工作，花的人力大致相等。最后公司决定该项工程由承包商施工，而不由杜邦公司自行建造。但是由于设计有变动，计划需要调整。为此，常规小组又用了原先所花人力的40%，而试验小组却只以原先所花人力的10%就完成了计划调整工作。

接着试验小组又编制了一个造价200万美元的工程施工进度计划。这项工作于1958年7月完成，管理部门因而认识到这种方法的潜力。但前述两项工程尚需时日才能完成。为了能够迅速进行现场试验，决定将此方法应用于一项设备检修工作中。设备的产品是可自行爆炸的氯丁橡胶半成品。这意味着，当该机组在生产运行时，不能对此设备进行维修。只有在生产允许的情况下，将该设备停车、清洗并进行维修。以前曾多次作过这样的检修，设备平均停车时间为125小时。应用关键线路法安排计划，93小时就全部完成了检修工作，因而引起了人们的惊异。在以后进行的同一设备的检修中停车又减少到74小时。

杜邦公司的上述各项试验只是当时试用关键线路法的几个公开发表的实例（东部联合计算机会议1959年会刊载有凯利（Kelley）和沃克（Walker）二氏的一篇完整报告）。

1958年莫奇里博士（Dr. Mauchly）成立了莫奇里联营公司，凯利和沃克当年就参加了该公司。杜邦公司则继续应用和发展关键线路法为其本身服务。莫奇里公司通过在社会上和公司内部组织的训练班，讲授关键线路法，使其内容更加先进完整，尤其是在成本和资源分配方面。关键线路法逐步地为其它公司所熟

悉了。

关键线路法的创始者认为这种方法会立即取得成功，因为这种方法合乎逻辑，概念通俗，且不太复杂。但初期的进程是非常艰苦的。即使在今天（指1965年一编者注），尽管有数以千计的企业内中心人物已然直接认识到关键线路法的作用，但使它为建筑工业部门理解和使用还要有一个过程。

3. 计划评审法（PERT）

1958年1月管理北极星导弹计划的美国海军部军械处^①特殊计划科第一次提出了PERT。当时北极星导弹计划已开始进行，有3000多个承包单位和机构参加执行这一计划。因此特殊计划科面临着如何检查、控制和协调这些单位的工作、保证计划顺利进行的复杂问题。为此需要一个有条理的、全面的方法，以便反映各单位之间的相互关系。这一任务需要大量计算，也必然要考虑采用电子计算机。

特殊计划科与有关公司（洛克希德公司等）成立了PERT小组，于1958年七月该小组提出了第一份报告，介绍了计划评审法的理论依据和应用方法。1958年10月PERT应用于北极星工程上。它第一步先确定关键事件（或称“路标”）——关键事件是如期完成工程必须解决的关键事物；第二步是确定次要事件。以后每二周对这些事件进行检查、调整，达到评审计划的目的。

PERT帮助了北极星工程，武器系统比原计划超前36%完成了，因而深得海军部赞赏。1962年6月1日美国国防部部长评论说：

“由于采取了这些方法（关键线路计划及PERT），在时间和成本控制方面都取得了极为显著的改进，因此我们必须鼓励今后应用这些方法”。

PERT及CPM基本原理类同，本文仅只介绍CPM的原理和应用。

^① 原文为Bureau of Ordinance,疑为Bureau of Ordnance之误。——译注

第一章 关键线路法的基本内容

关键线路法的核心是一个工程施工的图解模型。它的基本组成部分是箭头。每个箭头代表工程施工中的一个工序（又称“活动”、“工作”）。箭头的末尾代表工序的开始点，头部代表工序的结束。箭头不是矢量，不需要按比例绘制；它可以根据需要弯曲，但不能中断。

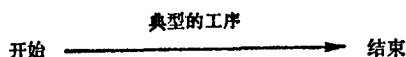


图 1-3

第一节 箭 头 图

箭头作了符合逻辑顺序的安排以后，就可以反映施工中各种工序的实施计划。为此每个箭头要解决如下三个问题：

1. 此箭头（工序）必须在哪些箭头的前面？
2. 此箭头（工序）可能与哪些箭头平行？
3. 此箭头（工序）必须在哪些箭头的后面？

由此得到各箭头符合逻辑的流向网络，即通常所谓的箭头图或网络图。

现举例说明，以汽车的经常性检修为一工程，它需要做如下工作：

掉换轮胎；加润滑剂；换机油；上蜡和擦亮；放出防冻剂等。

必须懂得，关键线路法是一种有助于决策的方法，但它不能代替决策者作出决定。如何画出箭头图，需要决策者作出决定。

本例中，任何一个箭头在画出之前都要作出一次决定。首先，检修人员必须决定什么时候把汽车升起来？假定他决定先升起汽车，那么第一个箭头是：

图 1-4

接着，我们可把汽车升起后能进行的一切箭头都画出来，根据前述内容，这些箭头是：

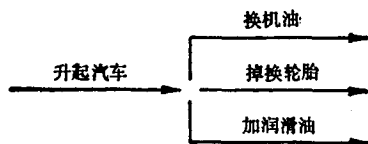


图 1-5

注意上述工序还没有详细分解，不能完整表达检修内容，如果再加上“降下汽车”这个工序，就得到：

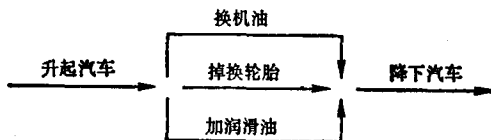


图 1-6

这个图表明，这三个工序只能在汽车升起后开始，又必须在汽车降下之前全部结束。其中掉换轮胎在汽车升起后进行，但其中包括取下备用轮胎这一工序。这工序应在汽车升起前就完成。因此把掉换轮胎这一工序再进一步分解为：

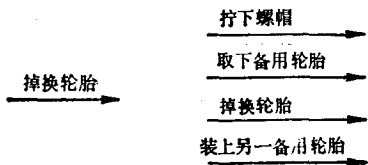


图 1-7