

350

工业建设工程 施工计划与管理



7098
7171
3

中国建筑工业出版社

7698

TU71

3

工业建设工程 施工计划与管理

联合国工业发展组织秘书处 编
林盛通 刘幸怀 熊静芬 译
梁绍周 佟一哲 甘绍焯 校

中国建筑工业出版社

本书是联合国工业发展组织为发展中国家编写的“工业建设工程施工丛书”的第一分册，主要介绍怎样编网络，怎样根据时间-费用关系和资源分配进行计划调整，以及时间-费用调整法和资源分配法的结合问题。本书主要介绍手算方法，着重怎样用网络方法解决工地计划与管理问题，具体做法阐述得比较仔细，便于掌握和使用。

本书通俗易懂，适合建筑工地技术人员、工长、管理人员、工人阅读。

Programming and Control of Implementation of Industrial Projects in Developing Countries
United Nations Industrial Development Organization
Vienna

* * *
工业建设工程施工计划与管理

林盛通 刘幸怀 熊静芬 译
梁绍周 佟一哲 甘绍禧 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
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*
开本：850×1168毫米 1/32 印张：4 字数：108千字

1983年1月第一版 1983年1月第一次印刷

印数：1—18,100册 定价：0.52元

统一书号：15040·4366

前 言

许多发展中国家在制定全面的长期的工业发展计划方面，已做了很大努力，但在执行这些计划方面却未能取得相应的成效。结果，许多国家不能如期达到其工业发展方面的目标。经验表明，发展中国家在致力于工业项目建设时经常遇到各种障碍，其中有些是无法控制的。考虑到这一情况，联合国工业发展组织编纂了一系列出版物，定名为“工业建设工程施工丛书”，以解决工业规划和工业项目实施中及随后所遇到的各种问题。

据联合国开发计划署专家和其他国家顾问们报告，对工业建设项目缺乏计划和管理是造成施工许多缺陷的各种因素中最重要的因素之一。大多数发展中国家没有用于这种计划的有效技术和方法。没有这些技术和方法，就不可能制定出成功的工作计划和有效的施工进度。因而，工程一再拖期，造价经常超过预算，工程施工也不能按预期计划进行。

作为这套丛书的第一分册，本书主要论述有关工业建设工程施工计划和管理方面的应用技术，希望书中所表述的意思能为技术援助专家和在发展中国家从事计划、规划、施工和善后工作的那些专家所接受。

本书是由联合国工业发展组织秘书处在美国加利福尼亚州斯坦福市斯坦福大学约翰·威廉·冯达尔（John W. Fondahl）顾问的帮助下写成的。

目 录

引言	1
第一章 本书的范围和方法	5
第二章 基本网络分析技术	8
第一节 模式图的编制	8
第二节 工程进度数据的确定	27
第三节 施工计划和进度的传达	32
第四节 工程的管理	36
第三章 修改和编制分网络图时网络技术的应用	39
引言	39
第一节 延迟值(连接间隔时间值)	39
第二节 网络图的相互制约范围	42
第三节 基本数据的修改	45
第四节 修改的方法	47
第五节 总时差的计算	51
第六节 分网络图	52
第四章 时间-费用调整法	57
引言	57
第一节 工程的时间-费用关系	57
第二节 工作的时间-费用关系	61
第三节 工程的时间-费用曲线的绘制	63
第四节 时间-费用调整法的实际应用	76
第五节 分网络图的时间-费用调整	80
第五章 单项工程的资源分配	82
引言	82
第一节 资源分配的一般方法	87
第二节 手算的资源分配方法——准备步骤	90

第六章 多项工程的资源分配	105
第一节 多项工程问题	105
第二节 多项工程的资源分配方法	106
第三节 对一个例题的讨论	111
第七章 时间-费用调整法和资源分配法的结合	114
第一节 单独应用的可能性	114
第二节 结合应用	115
第三节 结合应用的程序	117
参考书目	121

符 号 说 明

CPM	关键线路法
PERT	计划评审法
ES	工作的最早开始时间
EF	工作的最早完成时间
LS	工作的最迟开始时间
LF	工作的最迟完成时间
FF	工作的自由时差
TF	工作的总时差
NIL	网络图的相互制约范围

引 言

为了有效地进行工程施工，管理人员必须按照施工计划进行管理；这个施工计划列有各种分项工作或工程投产前必须完成的任务的时间顺序。管理人员必须确保这些分项工作按计划完成。但是由于大多数发展中国家往往资源供应不足，工程施工一般都相当困难，向企业提供的资金往往是有限的。拖延工期会造成稀缺资源的浪费及增加保养和维修工作，进而导致造价提高。熟练的有经验的劳动力总是稀缺的，而且要想对劳动生产率、所需时间、资源和费用等做出可靠的预算并不容易。基于同样的原因，实际执行情况往往与预期的情况不符，这就意味着，要想使施工计划继续不断地指导工程施工，就必须经常对施工计划进行调整。另一方面，及早竣工并尽量不推迟工期，可使新建工厂提前开始生产，并提供日常急需的产品。

在发展中国家的条件下，如果并不依靠自己所没有的，非常现代化的数据处理设备来编制工业总体施工规划和工程施工计划，将更为有效。由工程施工人员使用当地可行的手算方法，能产生比使用远处的装置进行电子计算机处理的程序更好的结果，何况这些电子计算机处理程序又往往是由不与工程保持日常紧密接触的外部专家来进行的。

凡是重要和复杂工程的施工，都应细致地编制计划。明确地定出目标，并应吸收熟悉该项工作的人员参与计划编制工作。

“编制施工计划”这一词用在这里，不仅只是把工程分解为分项工作的过程和展示各分项工作的顺序关系，而且还包括为这些工作选定施工方法，分配所需资源，估计所需时间以及确定进度数据。在编制施工计划时，应采用适合于施工计划的最有效技术，象时间-费用调整和资源分配这一类先进方法，这些方法一般可

用来改进原来按基本和常规程序编制的施工计划。

施工计划一旦制定出来，就必须下达给那些负责实施的人员。而且，下达后一定要加以执行。一项施工计划，如不实际执行，就没有任何价值。

为了顺利地执行计划，只做到使每一项工作在技术上是可能的还不够，还必须使作为一个整体的计划切实可行，一个明显的例证就是要考虑对资源的需要量。每项工程的工作都要使用各种资源，这些资源包括具有一定劳动技术的工人和各种类型的设备。任何时候对任何资源的总需求量不应超过现有的供应水平，对资源的不合理要求必然要导致施工计划的无法执行。

一项施工计划，即便是开始筹划得十分周密，在执行过程中，还可能会遇到许多不可预见的新问题，而使得该计划不再是那样完美无缺。一项工程任务的实际工期与最有才能的预算人员所预计的工期可能会有出入；提供服务和材料的人员可能未按已规定的时间和方式行事；诸如天气、罢工，改变正常要求等这些难以控制或无法控制的外部因素，也可能会妨碍按原定计划进行施工。因此，施工的计划和管理技术应当是在必要或有利时允许修改的可变计划。如果一项施工计划不随着情况的变化而修改，那它就不再是一项有效的计划。许多原来设想得很好，曾为之花费很多精力，并能为有关问题提供最优解决方案的施工计划，都曾遭受过这种命运。工程刚一开工，情况就发生了变化，但是计划并未修改，随后的工作就象根本没有计划那样进行，或者按照已经不再有效的计划进行，这后一种做法就更加危险。

如前所述，对一项施工计划来说最为重要的是该计划应切合实际，并且在执行过程中经常进行修改。此外，还应随着工作的进展，不断做出更详细的计划和对现有布署作出重新安排。不管最初编定的计划如何良好，在开始阶段也只能拟定一定数量的细节。鉴于随着工程进展所发生的必然变化，总体规划太详细是不合适的。然而在某一限定的阶段内，随着工作的进展应编制详细的施工计划，并应对原有的或者是修改过的施工计划进行补充。

通过这种重新制定计划的作法，来不断地改进计划管理工作。在一项工程施工过程中，虽然经常会遇到不可预见的新情况，因而出现了问题，但有时这些情况却可提供改进工作的机会。如果对工作条件和实际生产水平了解得比较清楚，那对调整计划就可能更为有利。尽管为了从所采用的技术和设想中得到好处，而忠实地按照构思周密的施工计划进行工作，是值得称赞的，但是继续寻求更好的解决办法，而且在一旦找到这种办法时能随之修改施工计划，则更为值得称赞。当然，重要的是要做细致的分析，以确保计划的修改是一项真正的改进。即便如此，对已有的计划进行修改而不是弃置不用，这一点也十分重要。

为了顺利地执行一项施工计划，管理该项工作的人员必须了解计划各个组成部分的相对重要性，以便把力量集中在最需要的地方。例如，工程的各工作项目之间在时间或顺序方面脱节的影响，有的无足轻重，有的却极其严重。编制施工计划程序时所产生的信息可以向管理部门提出这些影响的实质。

为了在计划变动之后确定相应的改正做法，必须找出问题的所在。进度的修改将可显示一种变化对其他工作、对工程竣工日期和对重要的中间事件时间的影响。资源的修改亦可表明某种资源需要量是否失去平衡，或者是数量过大。一旦发现计划中存在问题，就可利用计划修订技术重新修改出一项切实可行的施工计划。这些技术还将有助于确定采取上述修改作法所需要的费用。

总之，对工业建设计划或某一工程项目的施工一定要进行科学的规划，而且施工计划一定要有效地遵照执行。这两项基本要求包括：

一、工程施工计划方面：

规定目标；

把工程分解为分项工作；

指明顺序关系；

确定施工方法、资源需求量和造价；

估算时间；

计算最后的时间进度；
计算最后的资源进度；
将施工方案加以完善；
通过时间-费用调整进行改进；
通过资源分配方法进行改进。

二、工程施工管理方面：

下达切实可行的施工计划；
情况发生变化时对计划进行修改；
列出基本的施工计划的细目；
通过修订计划的方法不断改进施工计划。

第一章 本书的范围和方法

本书的宗旨是介绍各种应用技术，用以确定工程的分项工作及其相互之间的顺序关系，并把这种顺序关系在一个网络图中表现出来，做出时间-费用调整决定和进行资源分配。由于把整个工程分解成分项工作后，大多数工作可以用不同的方法来进行施工，而这些施工方法所需的时间、资源和费用也各不相同，因而对时间和费用需要进行调整比较。一般说来，可缩短工期的那些方法势必引起直接费或可变费的增加。在工程进度加快时，某些项目的直接费比其他项目增加得更快。如果一项工程的竣工时间已硬性规定，或者受到外部约束，则时间-费用调整程序可用来编排一种工作进度方面的综合方案，该方案可以最低的总直接费来满足已规定的竣工期限要求。当采用这种程序来确定最有利的竣工日期时，就成为一个具有普遍性的问题。在这种情况下，因为缩短工程期限，可降低间接或直接费用，调整时间-费用的目的就是为了寻求最低的直接和间接费用，即最低的总造价。

资源分配问题是用来确定以尽可能有利的一种方式适应有限资源的进度。在单项工程中，大多数的工作都要求使用一种或多种资源。如果把这些要求逐一列出并制定初步的进度安排，那么就可确定每个阶段需要的各种资源的数量。如果在某一时间内的要求超出资源供应的可能，某些工作就必须重新安排进度。当重新安排进度需要延长工程期限时，原则上应使延长的工期达到最低限度。时间-费用调整方法，经常用来处理此项工作。过多的资源需求，除重新安排进度以外，往往还可用其他手段来加以解决，但这些手段可能会引起造价的增加。虽然时间-费用调整和资源分配法一般是分别考虑的，但较大的注意力应放在制定利用两者相互关系的措施上。资源分配的另一个问题是要尽可能经常

保持对资源的均衡需求。资源进度安排表上的高峰和低谷表明了施工的不经济性。重新安排可在某种程度上改善这种情况。利用闲置资源，就能为有利的时间-费用调整提供重要的机会。这再次说明费用-时间调整和资源分配法之间的相互关系。

当有必要安排几项工程同时施工并且都是从同一的来源取得资源时，就会产生更为复杂的资源分配问题。这种多项工程问题就增加了工作上的困难，因为多项工程同时考虑比单独分析单项工程要有更多的数据，它也要求适当考虑这些工程的优先顺序和资源的调配问题。

时间-费用调整和资源分配问题涉及相当数量的数据，制定解决这些问题的办法在数学计算上往往是很复杂的。毫不奇怪，使用的技术常常要借助于计算机。在发展中国家可能没有计算机，或者不能马上得到达到要求水平的计算机。为此，本书只介绍不采用计算机处理也能解决问题的各种程序。这就使可以采用的方法的数量受到一定限制，但这并不意味着用这样方法取得的结果就必定比用更先进的方法为差。实际上，使用计算机来解决时间-费用调整和资源分配问题，甚至是在有计算设备可供充分利用的地方，也只能取得比较有限的成功。计算机技术不能辨别在费用发生变化时工作费用间的相互作用，而要满意地解决这个问题，就必须进行相当的辨别。不仅仅在准备数据阶段和分析结果阶段需要进行充分的判断，而且在计算阶段的各中间步骤中也需要做出充分的判断，然而，要在计算过程中做出那样的判断，是很难以数学形式来确定程序的。

与制造专业的生产特征的循环型工作相对照，工程施工有其固定的开头和结尾。正是由于工程具有这种性质，工程的施工是不会重复的。在过去十年中，已发明了几种使用网络技术来为工程编制计划、确定进度和进行管理的有效方法。在这些网络技术中最著名的是关键线路法（CPM）和计划评审法（PERT）。本书建议的方法就是以这些网络方法的原理为基础的。

先进的时间-费用调整和资源分配方面的网络法的必要条

件，就是要透彻了解基本网络程序。第二章简要地考虑了制订单项工程施工计划并将其简化为纸上模型的有关方法。这类方法包括绘制网络图表，该图表实际上是从计划的开始到终止期间内工程工作之间顺序关系的图样。而且，第二章中的方法还包括对工期的估算和提供为确定基本进度所需的计算程序，以便确定每项工作在整个工程网络中的相对重要性。这一点是非常重要的，因为它可以引起管理人员对那些限制或控制工程工期的工作的注意。向执行计划和进度的人员传达施工计划和安排的方法，以及把数据应用于工程管理的方法，也包括在第二章的内容里。

第三章分析了网络图表的构成，还提供了取得最新项目资料的方法；这种方法是在理解了借以改变网络手段的基础上提出的。由于不可预见的变化经常发生，采用这些方法进行日常的修正是有利的，但它们也是制定时间-费用调整的一个关键因素。有时由于工作的持续时间需要改变，修正工程数据是非常重要的。在第四章里详细地介绍了时间-费用调整问题，并提出了解决这个问题的方法。第五章研究了资源分配问题，同时也提出了解决这一问题的方法。第六章讨论了多项工程的资源分配法以及对单项工程资源分配方法的必要修改问题。最后，第七章探讨了时间-费用调整和资源分配法的相互关系以及考虑这些相互关系的方法。

本书不是意在强调数字运算或企图得到数学上的最佳方案，而是强调在工程范围内应用手算方法。这种方法既简便，又切实可行。某些解决工程问题的办法只要能改进工程的计划管理工作，即使在理论上不够完善，也是可以接受的。

第二章 基本网络分析技术

第一节 模式图的编制

工程目标确定后，就要对达到这些目标的方式方法进行规划。为此目的，最简便的方法，就是把整个工程看做是由若干项相互有关但又相互独立的工作项目组成的。企图把整个工程当作一个单一的整体来进行工作是不实际的。对工程进行分解不仅对施工计划而且对时间估算、造价估算和工程管理都是必要的，分项工作应由工程的逻辑分解部分所构成。将一项工程分解为分项工作的各种因素，本章后面还要论述。

各分项工作之间通常都有非常明确的顺序关系，在编制计划时必须适当考虑。如果工程很复杂，计划人员不应把这些关系仅仅装在脑子里。况且，在某些时候，计划人员所编制的施工计划还必须告诉其它人员。即便是严谨的口头叙述也会造成很多不同的解释，会漏掉经细心分析而形成的很多细节。计划人员应将自己的想法变成一个在纸面上的模式图，以便记下正在做的工作及其所受到的一些限制。计划人员需要这样一种模式图，就是看得见和必要时可以查阅的图形，并将这种模式图告诉其他人员。

用来显示工程施工计划的最常用的模式图一直是条形图表，或者叫横道图；它表现计划人员把工程分解后所得到的分项工作以及为这些工作所编制的进度。横道图可相当有效地表达出时间进度数据。但作为一种计划工具，它的用处还是有限的；它不能清楚地表达计划人员必须经常记在脑子里的先后顺序关系。由于横道图不要求表明在一项工作开始之前必须完成的一切工作，所以它不强制计划人员考虑在进度安排上可能涉及的一切限制。该图表不能表明计划人员是否已考虑到了各种必须预先完成的工

作。虽然横道图在技术上可提供一个有规定、有要求的施工计划文件，但经过仔细审查常常会发现，计划分解得还不充分，它完全忽略了许多限制性工作，没有表明是否经过认真分析，为使人充分了解施工计划的详细情况，还要做进一步解释。用横道图表示的施工计划可能是在认真和巧妙的规划基础上制订的，也可能是在草率和拙劣的规划基础上制订的，由于该图表所表示的细目不足，审阅模式的那些人员就很难判断属于上述哪种情况。

工作代号	工作说明	八月					九月						
		24	25	28	29	30	31	1	4	5	6	7	8
A	工作 A	■											
B	工作 B		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
C	工作 C					■	■						
D	工作 D											■	

图 1 简单的横道图

图 1 表示的是一个仅有四项工作的十分简单的横道图。在本例中，人们或许推想工作 B 取决于工作 A，工作 D 取决于工作 B，因为在这两种情况下都是一项工作在另一项工作业已完成时开始。还可能推测工作 C 的进行取决于工作 B 的部分完成。在实际工作中，工作的说明还可能提供种种线索，但在含有很多条形图线的图表中，很难做到，而且很可能被证明是不正确的。它既没有标明存在于所列工作之间的某种关系，也没有任何理由相信已考虑了图中每项工作的约束条件。例如，如果审查人员考虑到另外一项工作，可能影响工作 C 的开始时间，但他无法知道计划人员是否也已考虑到了这一可能性。即使计划人员已经考虑，审查人员也无法知道计划人员得出此结论的依据是什么。非常明显，在制定计划时，不论是作为计划人员的一种计划工具，还是作为审查和了解工程计划的人员的一个文件来说，横道图都是有

缺点的。

为了克服横道图的缺陷，目前网络图已得到广泛应用。从基本上讲，网络图是一种计划和管理工具。首先，利用它来确定进度数据；其后，再用它来提供计算进度所需要的顺序关系。有时，也用它来制定表明进度的时间座标。

网络图要求标明工程的各项工作名称，并要求表示它们之间的先后关系。网络法主要以箭线图示法（双代号网络图）和顺序图示法（单代号网络图）为代表，尽管还有许多其它方法，但它们都是由这两种方法演变而来的。

一、图示方法

（一）箭线图示法（双代号网络图）

箭线图示法是应用最广泛的一种方法，它既用于最初的关键线路法（CPM），又用于计划评审法（PERT）。在这种网络图中，一项计划工作或一项任务都由一条箭线来代表，任何一项工作的施工都需要有人力、设备和时间一类的资源。一项工作有规定的起止点，代表一项工作的箭线的端点就是网络图中的一个节点，即工作的开始或结束。假如一项工作接着另一项工作，两者有一个共同的节点，则这个节点表示一项工作箭线的箭头与后一项工作箭线的箭尾相联。比如，获得修建厂房所需的地段后，可能需要经过一定的准备工作才能开始施工。在这种情况下，可按



图 2 用来表示两项工作的箭线和节点

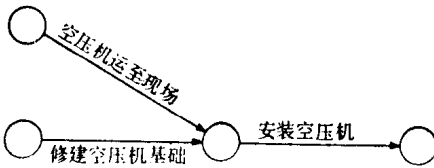


图 3 合并在一个节点上的工作

图 2 所示的两项工作处理。假如在后项工作之前有一项以上的工作时，代表前项工作的各箭线箭头的节点在后项工作箭线箭尾节点处合并，如图 3 所示。同样，假如某项工作之后有一项以上的工作时，代表每一后项工作箭线的箭尾则集中在同一个节点

上，该节点也是如图 4 中所示的代表前项工作箭线的箭头。在更为复杂的实例中，遇有几项工作，其中每项工作对另外几项工作的完成时间有同样要求时，代表前项工作的几个箭头可汇合在同一个节点上，而代表后项工作的几个箭头可从该节点分出，如图 5 所示。在上述最后一种情况中，中间节点表示所有前项工作均已完成。同时又表示所有后项工作的开始。

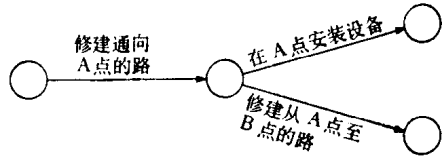


图 4 在同一节点上的箭线尾端

最初，关键线路法是使用标明工作的箭线图，对工作或箭线标有说明。而计划评审法则使用标明节点的箭线图，对节点都标有说明。这种方法如图 6 所示。

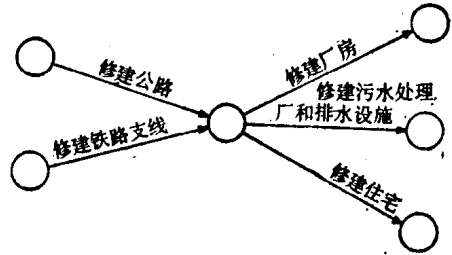


图 5 几项工作在同一节点上

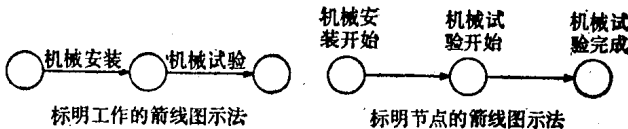


图 6 最初的关键线路图和计划评审图

由于需要引入那些没有实际意义、工期为零、不需任何资源的工作——虚工作，使得箭线图解法更加复杂化。使用虚工作的通常原因是当有关箭线的箭尾要并到某一节点上而又不能正确表示其顺序关系时，也就是说，好几项前项工作有一项共同的后项工作，但其它后项工作与所有前项工作并无关系，此时，为了标明正确的先后关系，就需要引用虚工作。如图 7 所示，假如工作 A 和 B 必须在工作 C 开始前完成。现假定需增加一项工作 D，而