

87.038  
R 丁

312493

# 铁路建筑工程中的 经济数学方法

中国铁道出版社

# 铁路建筑工程中的 经济数学方法

Г.Н. 任金等编

周 继 祖 译

宋 治 伦 校

中 国 铁 道 出 版 社

1982年·北京

## 铁路建筑工程中的经济数学方法

Г.Н.任金等编

周继祖 译

责任编辑 蒋传漪

封面设计 王毓平

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$  印张：9.75 字数：221 千

1982年2月第1版 1982年2月第1次印刷

印数：0001—2,000册 定价：1.50元

## 内 容 简 介

本书介绍铁路建筑工程中的经济数学方法和模型。阐述了在选择最优方案时如何选择目标函数、约束条件、最优化准则及主要优化计算方法；施工组织模型，确定施工顺序和施工期限的根据，网络图优化方法；最优工程运输计划；施工单位工厂企业最优分布；年度计划和作业计划的最优化；相关回归分析方法在生产活动计划中的应用；可靠性理论在经济计算中的应用等。

本书可供铁路工程及有关专业施工、设计人员、经济工作者及大专院校师生参考。

Г.Н.Жингин, И.И.Зеликович,  
В.А.Рогоков, С.Б.Шрайбер  
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
МЕТОДЫ И МОДЕЛИ  
В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1979

## 译者的话

在现代，数学方法已经获得巨大的成就，并在实际应用中不断发展和完善。现时的物质生产过程已经达到非常复杂的程度，致使采用传统的管理方法和手段远远不能奏效，而应用电子计算机则为解决这类问题在计算技术方面提供了有利条件。现代的数学方法和电子计算机相结合，可以求解许多经济数学课题，可应用于国民经济部门、基本建设工程和工厂企业生产管理自动化的设计、建立与运用。经济数学方法和电子计算技术是管理自动化系统的重要组成部分。国外的管理工作也正在朝着自动化方向发展。此外，在生产业务活动计划和分析的实践中，经济数学方法目前也已经得到广泛应用。今天的科学管理方法业已发展到了量化阶段，面对着十分错综复杂的生产管理问题，已经可以利用经济数学方法和电子计算机进行定量分析，以便求得最优方案。这就使得技术经济方案、计划和管理工作的评价和决策问题具体化了，有了一些数量指标可资依循。因而，不仅可以大大提高技术经济效果和劳动生产率，增加设备利用率，节省资源消耗，降低成本，而且还可以减少决策人员的盲目性和主观片面性。这方面的工作，国内目前正在蓬勃兴起。

为了配合铁路基建部门开展此项工作，现将苏联运输出版社于1979年出版的由技术科学博士Г.И.任金教授等编写的《铁路建筑工程中的经济数学方法》一书翻译出来，介绍给读者。本书内容紧密结合铁路建筑工程实践。全书共分三篇：第一篇介绍经济数学模拟的理论基础；第二篇介绍铁路施工组织中的经济数学方法；第三篇介绍施工单位计划工作中的经济数学方法。

在第一篇中，首先阐述了经济数学模型中的目标、目标函数、约束条件和最优化准则，接着讨论了层次等级系统中全局最优化与局部最优化的概念和相互关系。在全面介绍数学方法分类的基础上，结合铁路建筑工程实际问题阐述了线性规划、非线性规划和动态规划等主要的最优化计算方法，其中应用最广泛的线性规划方法介绍比较详细

在进行经济过程的最优化计算时，我们总是希望得到一个比较理想的最优方案，因此，必须弄清楚所要达到的目标，必须非常明确地

解释何为最优，何为不优，也就是说，给出一个评价方案优劣的准则是非常重要的。否则在建立数学模型时就会失去方向。实际问题中的因果联系很复杂，它们的数学模型形式也千变万化。为了求解的方便，往往忽略一些对结果没有影响或影响甚微的因素，以便简化数学模型。故其解答必须通过实践的检验，若不能满足实际的要求，则应改善它，除去某些不适当的简化。应当指出，从某种意义上来说，经济数学模型对客观世界的反映，总带有一定的近似性质。

在第二篇中，阐述了铁路施工组织中的各种经济数学模型，例如施工组织设计模型和网络图的优化方法、机械站的最优结构和分布的模型、最优工程运输计划模型、施工单位工厂企业最优分布及其生产能力的模型等；介绍了排序原理、排队论、分块矩阵、离散规划等；此外，还讨论了工程施工速度对造价指标的影响等。上述这些问题都是国内铁路建设中迫切需要解决的问题。

关于流水施工作业原理和网络方法，国外在施工组织和管理中都是行之有效的常用方法，苏联已经明文规定网络图为铁路设计文件的组成部分。本书未具体介绍这方面的内容，读者可参考其它有关书籍。

在第三篇中，阐述了工程施工年度计划和作业计划的模型及其最优优化方法，相关回归分析和可靠性理论在铁路建筑工程中的应用。它们在编制工程计划和析生产经济活动时都有广阔的天地。而可靠性理论的基本研究，还是最近十几年来才完成的，故探讨运用它来评价施工组织和计划方案的可靠性程度，是很有前途的。

国内对铁路建设施工技术定额的测定和管理，有关技术经济统计资料的积累和整理，还未给予足够的重视，有待改进。

在阅读本书时，请读者注意国外管理体制和系统与我国实际情况的差别。

在翻译过程中，对原书的印误和计算错误，尽量作了改正，并加了译注，同时对不适合国情的极个别地方作了删节。由于译者水平有限，如有译误和不妥之处，恳请广大读者提出批评意见。

译 者

于长沙铁道学院 1981.4.

## 目 录

## 第一篇 经济数学模拟的理论基础

1. 经济过程数学模型中的最优化准则和目标 ..... 1
  - 1.1 极值经济数学模型的目标、准则和约束条件 ..... 1
  - 1.2 层次系统的全局最优和局部最优 ..... 5
2. 求取最优解的经济数学方法 ..... 8
  - 2.1 经济数学方法的分类 ..... 8
  - 2.2 线性规划方法 ..... 14
  - 2.3 非线性经济数学模型 ..... 55
  - 2.4 动态问题 ..... 64

## 第二篇 铁路施工组织中的经济数学方法

3. 施工组织设计图的模型 ..... 74
  - 3.1 集中和沿线工程项目的施工组织模型 ..... 74
  - 3.2 施工组织的概率性模型 ..... 82
4. 用经济数学方法选择施工顺序、速度和工期 ..... 89
  - 4.1 工程项目施工顺序和施工速度的计算 ..... 89
  - 4.2 工程项目施工速度对工程造价指标的影响 ..... 103
  - 4.3 施工组织设计和生产作业计划按主要资源最优化的原理 ..... 109
  - 4.4 施工组织设计按费用优化的经济数学模型 ..... 114
5. 机械站最优组成的选择和按建设工程项目调配机械 ..... 127
  - 5.1 施工机械最优使用计划的特点 ..... 127
  - 5.2 确定施工机械站的合理结构 ..... 133
  - 5.3 通用机械按施工项目的最优调配 ..... 143
  - 5.4 整套综合机械最优组成的编制和施工业务单位合

理生产能力的根据 .....	153
6. 工程材料、建筑构件和结构的最优运输计划 .....	167
6.1 单一运输方式运输计划模型的建立 .....	167
6.2 混合运输计划模型 .....	174
7. 施工单位生产企业的最优分布 .....	180
7.1 企业分布的经济数学方法 .....	180
7.2 轨排组装基地的分布和生产能力选择 .....	190
7.3 钢筋混凝土结构工厂和预制场的最优分布 .....	211

### 第三篇 施工单位工程计划的经济数学方法

8. 年度计划和作业计划的最优化 .....	236
8.1 构造生产计划的模型 .....	236
8.2 作业计划的最优化 .....	247
9. 施工单位生产业务活动计划与相关模拟的应用 .....	250
9.1 编制相关模型的一般原则和主要统计指标 .....	250
9.2 对应相关回归关系在技术经济指标计算中的应用 .....	264
9.3 多重相关模型 .....	271
9.4 动态序列在计划和预测施工单位生产业务活动指 标中的应用 .....	287
10. 可靠性理论在经济计算中的应用 .....	291
10.1 可靠性理论的基本原则 .....	291
10.2 某些组织和计划方案可靠性的评价 .....	297



# 第一篇 经济数学模拟的理论基础

## 1. 经济过程数学模型中的最优化准则和目标

### 1.1 极值经济数学模型的目标、准则和约束条件

在经济数学模拟中，要用到这样一些概念，如：目标、最优化准则、目标函数、约束方程组和模型的解等。

目标——就是为了实现所模拟的生产过程。施工单位（如工程总局、工程公司或工程局）工作的最终目标，是将建设项目或建筑物交付使用。在编制较短时期的计划任务时，这个最终目标就转化为中间目标，即施工阶段和综合工程的结束。专业机构活动的目标，是保证总承包单位或相邻分包单位施工的某些综合工程的结束（如接近铺轨前交付路基、结束零周期工程等）。

在工厂企业分布问题中，目标就是保证在规定工期内生产出规定数量的产品。在施工机械布置问题中，目标则为完成指定的工作量。

在多层次管理系统中，上级单位的目标不能直接达到，而是通过下级单位的目标来实现的。例如，建筑工程公司的目标，是将建设项目在规定工期内交付使用的话，那么，它就可以通过各独立工程局、配套工程局、机械化工程局和工程公司的其它分支机构的目标来达到。因此，对于工程局来说，其上级单位（工程公司）的目标，是以个别工程项目施

工阶段和综合工程的完工工期的形式出现的；对于配套工程局，则以结构和材料的供应期限为形式；对于机械化工程局，则以相应机械在工程项目上，于规定工期内开工为形式。

为了在许多可能达到目标的方法中选择最优者，需要利用最优化准则，亦即据以比较和评价方案是否达到目标的一种标志。

最优化准则可以表明达到目标所用方法的效果和解的质量。通常采用经济因素作为最优化准则，并在求解过程中确定其极值。

最优化准则应以造价、实物或时间为量度单位，以相对量作为最优化准则是很少见的。最优化准则可以是基建投资、日常费用和换算费用的指标，在一定计划时期内一个施工单位完成的建筑安装工程量，利润，劳动生产率，等等。

极值问题中的未知量，就是在最优化准则的极值时保证达到目标的变量（参数）。这样的变量，可以是施工单位工程计划中最多的建设项目、施工阶段和综合工程的征集，产品的生产和运输费用最小的工厂企业总数目，等等。

以多变量函数作为问题最优化准则的数学描述，称为目标函数。

经济数学问题的目标函数，通常有如下形式：

$$F(x_j) = \sum_1^m c_j x_j^p \rightarrow \min(\max) \quad (1.1)$$

未知变量 $x_j$ 的系数，就是最优化准则的数值，在计算中取用与变量相适应的单位。

在含有几个计划时期的问题中，目标函数是积累的，也就是说，考虑消耗的不均衡性，应由所考察的整个时期内的总体最优来确定。同样的最优化准则，可以适用于不同的目标函数，与此同时，在求解同样内容的问题时，根据建立目

标函数的提法不同，也可以使用不同的最优化准则。例如，在采用同样的最优化准则——利润时，目标函数可以各不相同，它决定于经济数学模型中所包含的因素。这些因素的组成则决定于施工单位的专业化程度、完成工程的结构等。类似地，对于其它大多数最优化准则，也都可以编出一系列目标函数来。而另一方面，例如在施工机械最优布置问题中，其最优化准则可以是机械使用费、工程施工换算费用、以实物指标计算的产量。

目标的确定不总是表现为单一的，因此，许多问题的最优化准则也不是唯一的。这样的问题称为多准则性问题。如果存在这样的未知变量组合，同时它们对所有的最优化准则都具有最优值，那么，这一组变量也就是多准则性问题的解。可是这种情况非常罕见。常常不得不通过鉴定方式来确定每项准则的显著性，并以此评价来选择最优方案。当利用综合解法求解特殊模型，且在综合解法中已经预先按不同准则得到了最优解的时候，或者目标函数恰好是几个初始目标函数组合的时候，采用其它途径求解多准则性问题也是可能的。

问题的约束方程组是一组等式或不等式，用这些等式或不等式来建立模型未知量之间的联系，并确定这些变量变化的容许边界。

在编制经济数学模型时，约束条件可以根据材料的生产量和需要量、固定基金和流动基金、劳动资源、完成工程的方法、基建投资、工期以及其它参数给定。对于按需要量所给定的约束条件常用严格的等式，因为这些数量，例如建筑工程所需一定类型的材料数量、工程项目的全部工程量等，都是固定不变的。按有规定限额的资源如机械、工人、基建投资等给定的约束条件写成不等式形式 $\leq$ 。对于没有限额的资源和

需要量，例如在工程项目上应完成的最小工作量、工厂企业产品的最低产量等约束条件，则以 $\geq$ 的不等式形式表示。

如果约束方程组含有等式和不等式，那么，约束方程组就可能是不相容的，亦即为不可解的。例如，工厂企业不可能在有规定限额资源不足的条件下，完成规定的最小工作量。约束方程组的不相容性，一般只有在求解的过程中才能确定。

未知变量的劳动力资源和材料技术资源单位需要量 $a_j$ ，以约束条件中变量的系数形式给定。

各种资源的约束指标 $b_j$ 则以绝对指标、实物指标提供，而较少采用费用指标形式（以费用或实物表示的生产基金、完成的工程量、机械工作时间的安排、工人数目等）。

约束条件有形式：

$$\sum_1^n a_j x_j^p \geq b_j \quad (1.2)$$

在某些问题中可能有双边约束形式：

$$b_j \leq \sum_1^n a_j x_j^p \leq d_j \quad (1.3)$$

经济过程可能含有显著性不同的多个约束条件。在模型中合理地只列入一些极重要的约束条件，可能会影响到解的结果。但是这样做将会使模型及其求解得到简化。

为了减少约束条件数目和简化模型，对有规定限额的同类资源和需要量可以合并汇总。因此，在一系列问题中，各种不同载重量的汽车可以归并为同一类型；同一工点或邻近工点建筑工程的某些材料需要量也可以汇总；在任务分配为一定时，不分工种地提出工人数目即可满足要求；等等。

选择最优化准则和约束方程组，在很大程度上取决于：

在什么设计阶段和施工计划阶段求解问题，对于一定阶段居首要地位的是应该确定：什么样的参数必需严格规定，什么样的参数可以有一定的界限范围。

例如，在施工组织设计问题中，约束方程组可以规定为指示性的或标准的完工工期、主要施工机械的估计数量、在册工人概数、按施工期限要求供应的主要工程材料数量等。最优化准则将为工程项目的换算费用或预算造价。在建立生产作业设计某些问题的模型时，约束方程组可以相同，但最优化准则则应为建筑安装工程的成本。

同样的指标，在提出某些问题时可以作为最优化准则出现，而在另一些问题中则视为问题的一种约束条件。例如，谈到在规定资源条件下寻求工程项目建设工期最短的问题中，完成工种工程的工期是最优化准则。而在求解建设工程项目的费用和实物消耗最小的问题时，则工程项目的最大允许施工延续时间就成为问题的一个约束条件。

以数学形式表达的经济数学模型的问题是，必须确定未知变量的值，使得在满足求解该问题所采用的约束条件下，目标函数能达到极小值或极大值。

## 1.2 层次系统的全局最优和局部最优

最优化准则可以是全局的和局部的。全局的准则，是在考虑到系统或组织机构的总效益与其各分支机构内部效益彼此协调一致的情况下，来评价系统或组织机构功能的效果的。

全局准则的概念，可以用于研究国民经济的整体、其个别部门及其所属单位、工厂企业和企业单位、具有相当独立性的单位。所考察系统中任何单元部分的最优化准则，相对

于整个系统的准则来说，则是局部的。

全局的国民经济最优化准则，对于选择整个国家的经济发展方案来说，是必需的。对于国民经济部门的活动计划，必须采用与全局最优化准则有区别的局部最优化准则。一个部门功能的最优化准则，如果将其作为一个相当独立的系统来考察，则相对该部门工厂企业和企业单位功能的局部准则来说，它也是全局的。建筑工程公司功能的最优化准则，对于部门来说是局部的，而相对于工程局、汽车基地、机械化工程局、工业联合企业、生产技术配套工程局和工程公司的其它分支机构而言，则是全局的。由此可见，这里所谈论的便是多级层次的最优化。

在选择任何层次的下级系统的准则时，都不能与其上一级系统的准则相矛盾，亦即局部最优化准则是全局最优化准则要求的具体化，从而可使每个个别企业及其所属单位的利益能与整个国民经济的利益相吻合。

多级层次系统准则的选择，取决于它在哪一级层次上来求解。国民经济最优化准则的概念，则以社会主义基本规律为前提，它规定社会主义经济的目的是最大限度地满足整个社会成员的需要。因此，国民经济最优化准则应当以时间因素考虑的各种社会需要量来衡量。以这种准则来建立数学模型特别复杂，所以，需要创立一些最优规划的简化格式，它无需测量所有的需要量，而是以反映社会生产效果的某项指标为目标。在求解由于运输建筑工程部组织工作引起的部门性问题或大区性问题时，其最优化准则应当最大限度地接近国民经济的最优化准则（通常均以换算费用计算）。

如果部门的最优生产量早已确定，国民经济计划效果的统一定额为已知，而最优价值与部门需要量无关的话，那么，以换算费用的极小值作为最优化准则是合理的。

按建筑工程公司规模求解问题时的最优化准则，一方面应当考虑到企业单位的经济核算利益，另一方面则应最大限度地与层次系统的全局最优化准则相适应。这样的准则就是建筑安装工程所提供的利润，以最优价值计算并换算到同一个时刻。在一定条件（最优产量早已规定，且资源价值与需要量无关）下，利润准则与费用最小值等价。作为准则可以采取为日常费用、基建投资、换算费用。日常费用最小值作为最优化准则，是用于基建投资最优规模为已知或者已经给定的情况下。若日常费用的最优规模为已知，则可取基建投资作为最优化准则。如果问题的最优化准则为换算费用，则基建投资显然就不能作为约束条件，因为此时基建投资是目标函数的组成部分。

在工程公司或工程局范围内求解一些局部性问题时，也可以利用其它一些直接或间接地反映出利润或消耗程度的准则：通用施工机械的总产量、材料消耗及损失的数量、运输费用、工程施工劳动量、施工工期等。

工程公司分支机构的最优化准则，可以与整个工程公司完全相同（工程施工所提供的利润），也可以采用其它的指标，如汽车设备处和铁路临管处的最大运输量、附属企业产品的最低成本、机械化工程局施工机械的最大产量等表示。例如，如果欲以建筑安装工程所提供的利润作为工程局的全局准则，那么，工程段的局部准则，就可以是取决于该段活动情况的建筑安装工程成本。

在求解工程材料运输计划问题时，作为最优化准则，可以是用于运输工作的全部日常费用、附加管理费用、总换算费用或附加换算费用，按现行运价计算的总运输费用。供应总局或运输建筑工程部在规划运输量较小的工程材料时，没有确定其运输技术装备水平，作为最优化准则，以采用日常

费用（全部日常费用或附加日常费用都可以，但必须全部对应以资比较）较为合理。如此提出问题，其局部准则才能保证与全局准则最相适应。如果建筑工程部以模型中所有工程项目建筑工程的基建投资为最小值的观点来研究问题的话，那么，同类运输方式的最优化准则将是按现行运价计算的总运输费用，而对于不同类的运输方式，则应为可资比较的费用。在分配交通网的货源以及解决路网发展和加强路网问题时，采用总换算费用或附加换算费用作为最优化准则。

选择设计阶段的工程项目预算造价作为最优化准则，可以提高社会生产的效果，亦即能最大限度地与国民经济全局准则相适应。在编制生产作业计划时，其最优化准则为建筑安装工程的成本，这也是最能充分满足全局准则要求的。

因此，在工程管理中集中化原则与分散性原则相结合，便导致出现了层次问题，它利用各级层次的最优化准则来求解各该等级的问题。此时，“准则树”应与“目标树”相适应。

## 2. 求取最优解的经济数学方法

### 2.1 经济数学方法的分类

经济数学方法综合了经济统计方法、经济过程模拟、最优化计算方法和经济控制论。这些科学学科的综合体，可规定经济过程的数学描述，以达到分析、预测、计划和管理的目的。

基本的经济数学方法乃是过程的数学模型。而模型的特征决定着它与实际过程相符合的程度，实际利用它的可能性，求取最优解必需的数学工具。



经济数学模型的类型，在很大程度上决定着经济数学方法的类型，这个概念是狭义的（系指选择模型类型，模型的建立、求解和分析而言）。

经济数学模型可按下述标志来分类：

组织机构和对象功能所处的深度；

形式上的完备性；

各元素的性质及其相互联系的粗糙程度；

外在（外部）因素与内在（内部）因素的关系；

结构；

描述方法；

变量变化的特征；

所用信息的特征。

根据所处的深度不同，可分为国民经济模型，整个或某一地区个别部门的模型，工厂企业和企业单位的模型。这些模型也可以包括组织机构活动情况的一个或几个方面（工程材料运输计划、施工机械布置等）。

按形式上的完备性不同，模型可分为总体的（施工财务计划模型）和细部的（编制工程计划的模型、布置施工机械的模型等）；受功能、组织机构（部、工程公司、工程局的模型）和时间标志（年度、季度等）所局限的模型，或多或少都缺乏一些外部附加条件，在这种情况下，可以理解为根据经济数学模型所得解修正的非公式过程的总体。

根据粗糙程度的不同，模型性质可以是确定性的和随机性的，带风险性的或不确定性的，综合性的和碎部性的。目标函数的结构和变量之间联系的特征都与这些征候群有关系。

采用确定性模型时，几乎总要作某些假定和简化，而首先就是忽略了建立模型所用指标的随机特征，并以算术平均