

汉译世界学术名著丛书

最优化规划论文集

〔苏〕列奥尼德·V. 康托罗维奇 著



汉译世界学术名著丛书

最优化规划论文集

〔苏〕列奥尼德·V.康托罗维奇 著

王铁生 译



商务印书馆

图书在版编目(CIP)数据

最优化规划论文集/(苏)康托罗维奇著;王铁生译. —
北京:商务印书馆,2015

(汉译世界学术名著丛书)

ISBN 978-7-100-11048-8

I. ①最… II. ①康…②王… III. ①最佳化—经济
规划—文集 IV. ①F21-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 018462 号

所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

汉译世界学术名著丛书

最优化规划论文集

〔苏〕列奥尼德·V. 康托罗维奇 著

王铁生 译

商务印书馆出版

(北京王府井大街36号 邮政编码100710)

商务印书馆发行

北京市艺辉印刷有限公司印刷

ISBN 978-7-100-11048-8

2015年11月第1版 开本 850×1168 1/32

2015年11月北京第1次印刷 印张 8 1/4

定价: 25.00元

Leonid V. Kantorovich

ESSAYS IN OPTIMAL PLANNING

International Arts and Sciences Press

New York 1976

本书根据纽约国际艺术和科学出版社 1976 年版译出

汉译世界学术名著丛书

出版说明

我馆历来重视移译世界各国学术名著。从 20 世纪 50 年代起,更致力于翻译出版马克思主义诞生以前的古典学术著作,同时适当介绍当代具有定评的各派代表作品。我们确信只有用人类创造的全部知识财富来丰富自己的头脑,才能够建成现代化的社会主义社会。这些书籍所蕴藏的思想财富和学术价值,为学人所熟知,毋庸赘述。这些译本过去以单行本印行,难见系统,汇编为丛书,才能相得益彰,蔚为大观,既便于研读查考,又利于文化积累。为此,我们从 1981 年着手分辑刊行,至 2013 年年底已先后分十四辑印行名著 600 种。现继续编印第十五辑。到 2015 年年底出版至 650 种。今后在积累单本著作的基础上仍将陆续以名著版印行。希望海内外读书界、著译界给我们批评、建议,帮助我们把这套丛书出得更好。

商务印书馆编辑部

2015 年 3 月

出版说明

本书收集了苏联经济学家列奥尼德·维特列维奇·康托罗维奇的 18 篇论文(其中有 7 篇是同别人合写的)。

康托罗维奇生于 1912 年,1930 年毕业于列宁格勒大学物理数学系,1932—1934 年任列宁格勒大学讲师,1934 年起任教授,1949 年因数学研究成绩卓越获斯大林奖金,1958 年为苏联科学院通信院士,1964 年为苏联科学院院士,1965 年同涅姆钦诺夫、诺沃齐洛夫一起,因应用数学方法方面的研究成果获列宁奖。1975 年因资源配置理论研究获诺贝尔经济学奖(当年诺贝尔经济学奖另一名获得者是美国经济学家柯普曼)。

康托罗维奇在经济学中的主要贡献是在资源的最优配置理论领域内。他在 1939 年发表的主要作品《组织和计划生产的数学方法》,为应用数学的分支——线性规划奠定了基础,为有效地利用经济资源提供了新的研究方法。收集在本论文集集中的“经济学中的数学方法”一文,是康托罗维奇 1975 年 10 月回答苏联《文学报》记者的谈话,他谈到了他多年来研究这个课题的体会。“一个最优化规划的动态模型”一文(发表于 1964 年),着重从理论上分析最优化规划的条件和适应性。

文集中有几篇论文专门讨论单个部门的计划工作。康托罗维

奇运用数学方法,考察单个部门如何组织和计划生产,以便有效地利用经济资源。例如,在“科学技术进步的经济问题”(发表于1974年)一文中,康托罗维奇谈到了科学技术进步与经济管理、经济效果的计算等的关系问题,提出了有关新装备生产的成本、新产品价格以及技术改造的决策的看法。他的中心思想是:现代科学技术革命正在对经济管理产生重大的影响,在产品和工艺迅速变换、国民经济结构中各部门的关系正在发生变化的条件下,不仅产生了对生产过程及其后果的预测问题和对新技术措施的效益的评价问题,而且还产生了预测社会的变化和环境的变化的经济的影响的问题。这样就涉及经济管理体制的变化和管理体制同技术进步如何相互适应的研究课题。他认为,经济数学方法将在这些方面发挥越来越大的作用。

康托罗维奇在他的许多篇论文中,都以苏联计划工作中的经验、教训和有待解决的问题作为研究的重点。康托罗维奇认为,苏联的经济科学和经济管理是以马克思的经济理论为基础的,但在社会主义经济中,如何实际运用马克思的学说,还需要进行大量理论研究,并且,社会主义计划经济管理体制也需要进一步加以完善,否则计划经济的潜在优越性就不可能充分发挥出来,经济资源也不可能得到合理的利用。正是出于这些考虑,康托罗维奇强调广泛利用数学方法,强调培养能够了解并掌握数学方法的计划工作人员,直到高级领导人员。

本书选编者 of 波士顿学院经济学教授、哈佛大学俄罗斯研究中心副研究员列昂·斯摩林斯基。

目 录

康托罗维奇和最优化规划·····	1
1 经济学中的数学方法·····	24
2 让我们应用经济科学的成就·····	30
3 最优化规划:尚未解决的问题·····	37
4 一个最优化规划的动态模型·····	44
5 分析一个单一产品经济模型时出现的某些函数关系·····	69
6 一个生产基金可以即时转化的单一产品动态模型·····	75
7 一个动态的经济模型·····	82
8 论根据单一产品的经济发展模型计算投资效果定额·····	86
9 再论根据单一产品的国民经济发展模型计算投资 效果定额·····	107
10 投资效果的评价·····	123
11 一个考虑到技术进步下生产基金结构的变化的单一产品 动态经济模型·····	147
12 在计划一个部门的发展和制定技术政策中的 最优数学模型·····	153
13 最优化规划系统中的折旧费和对新技术效果的评价·····	177
14 科学技术进步的经济问题·····	191

15	关于价格、费用和经济效果	219
16	发展用于解决大型最优化规划和控制问题的 计算工具的途径.....	229
17	经济管理的现代数学方法.....	232
18	轧钢厂的最优利用.....	248

康托罗维奇和最优化规划

列昂·斯摩林斯基

(一)

1938年,列宁格勒胶合板托拉斯向列宁格勒大学一位年轻的数学教授求教,请他协助解决一个看来似乎微不足道,但却很伤脑筋的生产安排方面的问题。在一定的产品组合的限制下,如何给八台具有不同生产能力的车床制订工作程序表,以使五种胶合板的总产量达到最大限度?托拉斯的研究室无法求得一个满意的最优方案。康托罗维奇教授能否告诉他们,他们错在何处?

康托罗维奇生于1912年,当胶合板托拉斯来向他请教时,他才26岁,但是他已经由于他在理论数学和应用数学方面的创造性工作而誉满全球了。他在14岁时考入了列宁格勒大学的数学系,18岁毕业,22岁时成为正教授,并在1935年得到了难能可贵并令人羡慕的博士学位。^①对于列宁格勒胶合板托拉斯提出的上述问

^① 本文有关传记的材料来源,主要有以下这些:《数学科学的成就》,1962年,俄文版,第XVII卷,第4期,第200—215页;同前书,1972年,俄文版,第XXVII卷,第3期,第221—227页;《最优化》,1971年,俄文版,第3期,第7—13页;《苏联大百科全书》,俄文版,第3版,第11卷,第1007页。

题,也就是目前数理经济学史中所谓的“胶合板托拉斯问题”,他很快认识到它属于具有线性约束的极值问题,这类问题在计划经济的资源分配中是经常碰到的。实际上,计划经济的实质岂不就是在各种限制之下求得最大效果吗?列出这类问题的数学方程式是很简单的,但是想利用拉格朗日乘数的常规数学分析来求解,“在实践中却完全行不通,因为它需要从成千上万个(如果不是几百万个的话)联立方程组中求解”^①。

一个普通的数学家也许就会拒绝这类求教了。但是康托罗维奇接受了挑战,他设计了一种新方法,利用他所谓的“求解乘数”(或按西方的术语,影子价格)来解这类问题。他在1939年发表的专题文章“组织和计划生产的数学方法”中介绍了这一发明,从而在数理经济学和应用数学中创立了一个新的分支。1947年,经过美国人G. B. 丹齐克独立进行的发现和发展之后,根据T. J. 柯普曼的建议,这门新学科被命名为线性规划;几十年后,康托罗维奇和柯普曼共同获得了经济学方面的诺贝尔奖。

即使是数学天才,可能也会对这一成果感到满意,它后来使康托罗维奇解决了著名的18世纪的蒙日问题,^②这一事实本身就是一项了不起的成就。但是康托罗维奇具有一种直觉(这种直觉在从不接触资源分配经济理论的数学家中是罕见的),他很快就看出,他的求解乘数在变化多端的经济形势下,能够广泛用来确定最优选择。柯普曼认为这种洞察力本身就是一个伟大的成就:“作者

① 见《组织和计划生产的数学方法》,1939年,列宁格勒大学出版社,俄文版,第68页。

② 盖斯派尔德·蒙日(1746—1818)为投影几何学的创始人。

看出的广泛的应用范围,使他的文章成为在任何经济制度下管理科学的一部早期经典作品。”他断言:“这篇文章是这位数学家对于某些问题的一个具有高度独创性的贡献,这些问题在当时还几乎没有人看出它们在性质上是一些数学问题。它和冯·诺伊曼关于竞争性市场经济中按比例的经济增长的早期著作,以及丹齐克后来的著作具有同等价值。”^①

在线性规划中,最优计划(无论是对一个工厂、一个工业部门或一个国家来说)被看作是一组具有线性约束的线性方程的解。

最优化计划工作的目的是要在给定的资源矢量和技术矩阵的条件下,使目标函数的值为最大。按照苏联经济计划工作的基本原理,目标函数被解释为:使具有一定比例关系的 n 种产品的产量总值为最大。

假定技术 s 被应用于单位水平时,可用以下矢量表示:

$$a^s = (a_1^s, \dots, a_n^s, a_{n+1}^s, \dots, a_N^s), s = 1, 2, \dots, r$$

该矢量前面的 n 个分量是最终产品,后面 $N-n$ 个分量为资源。

制订计划意味着找出一矢量 $\pi = (x_1, \dots, x_r)$, 该矢量的每个非负分量表示可用的技术中的一种的利用强度。

于是第 i 种商品的产量可以表示为:

$$y_i = \sum_{s=1}^r a_i^s x_s, i = 1, 2, \dots, n.$$

对于计划 π 来说,它的可行的充要条件为:所有技术的利用强

^① T.J. 柯普曼:“关于康托罗维奇‘组织和计划生产的数学方法’一文的评论”,《管理科学》,英文版,1960年6月,第4期,第364—365页。

度均应非负,需要利用的资源量不能超过实际可资利用的量。

如果一个可行的计划 π 的产量为最大,那么,它就是最优计划,也就是说,

$$Z(\pi) = \min_{1 \leq i \leq n} \frac{y_i}{k_i}, i=1,2,\dots,n$$

一个最优计划的充要条件是:存在着一组作为线性规划中的对偶问题的解而被求得的影子价格,影子价格应能满足以下条件:

1. 影子价格都是非负的,而且至少要有有一个被包括在最优计划中的最终产品的影子价格为正值;
2. 对于每种技术来说,各最终产品的全部价值不超过它们的全部资源费用,两者均用它们的影子价格来计算;
3. 对于在最优计划中实际采用的每种技术来说,各产量的全部价值等于全部生产要素回收之和,从而造成每项活动的零利润;
4. 所生产的超过需要的任何产量以及未被充分利用的任何资源,都具有数值为零的影子价格。

用满足上述条件的影子价格来评价资源和最终产品,会使所有活动的利润为零,也就是说,会产生一个完全竞争的均衡模型。

康托罗维奇早期列出的公式是不完全的。作者没有清晰地阐明对偶问题的性质,他的乘数只是一种不具备“对偶复数”全部性质的计算工具,他也没有为求解而提供“一种精确的、完全规定的算法”^①。但是在此后几年中,他改进了他的方法,消除

^① A. 查恩斯、W. W. 库柏:“论康托罗维奇、柯普曼及其他人的某些著作”,《管理科学》,英文版,1962年8月,第3期,第246、249、251页。

了一些重大缺陷,完善了数字计算,并且把线性规划的应用范围从微观经济领域扩大到了宏观经济领域。^① 到1943年,他认识到,可以把编制国家计划这一任务本身看作是一个庞大的线性规划问题,在该问题中,求解常数可以转化为经济中一切资源和商品(包括在苏联经济中习惯地认为不具有价值的资本和土地)的最优价格系统。康托罗维奇认为,一种在一切活动中都造成零利润的价值系统的存在,乃是使国家短期经济计划达到最优化的充要条件。就这样,瓦尔拉—帕累托模型被一个很可能连他们的名字都不知道的苏联数学家重新发现了。

康托罗维奇发现线性规划并不是偶然的。那是他毕生对待理论数学和应用数学的态度的合乎逻辑的表现。无论是他最初的思想,还是后来他在极为不利的形势下,继续进行这方面研究的决心,都是和他的下述信念相符合的,即必须用客观现实来检验抽象的数学命题。应用数学和纯理论有着密切的联系,如果用同样严格的态度对它进行研究,那就会得到对应用数学本身来说很重要的成果,反过来,这些成果又会使人们在纯理论分析上有所认识,否则,这些认识将继续被隐藏于复杂的“现实世界”里。

他在发展“纯”函数分析(一个比较新颖的数学领域),以及将其应用于计算数学方面的早期研究工作,也是符合于这些原则的。从1933—1935年开始,他在函数分析中开创了一项新的发展,即关于整理过的矢量空间的一般原理,或者说,一组线性系统,其中

^① 这方面的大部分研究都是在各种会议上发表的,但未出版,或者拖延了相当久以后才出版。

各元素的任何有限集都具有明确规定了的约束。该组线性系统被命名为 K 空间^{*}，以表示对发现者的尊敬。^① 虽然他是如此热情地在高度抽象的理论数学的分支中进行着开拓工作，但是他并不同意 G. H. 哈代的下述有名的妙语：一项美妙的数学原理的最高检验，在于它的完全不能实用。他在一篇就他获奖一事而写的随笔中表明了他的立场：

“从传统上来说，函数分析一直被认为是一种不能够实际应用的纯理论学科。而我的目的却是要……否定这一传统看法……同时证明函数分析的概念和方法能够像它们被应用于数学问题的理论探索那样，同样成功地应用于创立和研究求解数学问题的有效算法。”^②

从这一态度出发，康托罗维奇与别人合著了世界上第一本关于计算和求近似值理论的教科书，该书是在计算机出现后大量这类著作的早期（1936 年）先驱者，^③也是他多年来一直注意把严密性和精确性灌输到历来为纯理论数学家所忽视的领域的一个纪念碑。

（二）

通过树立一个最优化规划的新范例，康托罗维奇的发现为苏

* 康托罗维奇的第一个字母为 K。——译者

① “Л. Б. 康托罗维奇”，《数学科学的成就》，1962 年，俄文版，第 XVII 卷，第 4 期，第 206 页。

② 康托罗维奇：“函数分析和应用数学”，《数学科学的成就》，1948 年，俄文版，第 III 卷，第 6 期，第 89 页。

③ 康托罗维奇、克雷洛夫，《最优分析近似法》，1936 年，俄文版，第 1 版，1962 年，第 5 版，第 9 页。

联经济中的科学革命准备了条件。但是一项发现在它被广为传播、接受和应用以前,是不能引发某种改革的。康托罗维奇所发起的革命的酝酿期,结果是异乎寻常地长。

康托罗维奇的发现早期在列宁格勒受到的欢迎是十分热烈的。1939年5月13日,他在列宁格勒大学首次介绍线性规划,得到了与会数学家的高度评价。两星期后,大学当局召集经理人员开了一个特别会议,会上康托罗维奇说明了他的方法在经济方面有着广阔的应用领域,并指出从这些应用中可以预期得到的在提高效率方面的收益。“出席会议的工业家对他的研究一致表示出巨大的兴趣,并要求立即出版。”^①书马上就付印了,速度之快是前所未有的(1939年7月27日),不过印刷册数少得可怜,只有1,000册。主编A. R. 马钦科曾预言,康托罗维奇的发现“将在我们社会主义工业的发展中起非常有益的作用”^②。

不过新方法的传播过程在当时当地却停顿了将近20年。面对着苏联计划工作者和经济学家 的“恐数学症”(借用康托罗维奇自己的恰当用词),他的开拓性研究工作得不到任何关注,没有一篇关于它的评论。直到20世纪50年代末期,才在经济文献中出现了唯一的一条涉及他的研究工作的脚注。^③ 康托罗维奇没有被这种漠不关心的态度所吓倒。40年代初期,他取得了一些重大的

① A. P. 马钦科为《组织和计划生产的数学方法》一书所作的序言,该书于1939年由列宁格勒大学出版社出版。

② 同上。

③ 脚注的作者B. B. 诺沃齐洛夫教授和康托罗维奇及涅姆钦诺夫共获1965年的列宁奖。见他著“社会主义经济中寻求最小消耗的方法”,《列宁格勒综合技术学院科学论文汇编》,1946年,俄文版,第1期,第336页。

进展——他扩大了线性规划方法及其在经济方面的应用领域。他在一系列文章和在科学院会议上发表的演讲中介绍了他的研究成果,同时将其中某些与线性规划的数学方面有关,但与它的经济方面无关的研究成果付印出版。他的名著《经济资源的最优利用》一书的手稿,包含了他的关于短期国家经济计划的模型,1959年出版后,成为苏联经济学中数学革命的主要推进工具。该书早在1943年就已基本完成,但出版单位拒绝出版。与此同时,美国的G. B. 丹齐克、M. K. 伍德、T. J. 柯普曼以及另外一些人,在不知道康托罗维奇的开拓性工作的情况下,于1947年独立地发现了线性规划,并加以发展。^① 线性规划的实际应用也同样受到冷遇。甚至胶合板托拉斯似乎也失去了它的历史性机会。直到1950年,列宁格勒一家列车车厢制造厂在解决一项工业设计问题时才应用了这一新方法。

用他的亲密同事的话来说,“多年来,康托罗维奇在其关于最优化规划的研究工作中完全处于孤立状态”^②。有趣的是,就在这些年中,由于他在一些非经济性命题上的研究成果,他正日益被公认为一位权威数学家。他不断地在诸如函数分析、布雷场的最优设计、近似值理论以及自动化规划等各式各样的领域中,做出创造性的贡献;他在发展苏联计算机及其应用于科学研究方面进行了开拓性的工作,取得了好几项计算机设备的专利权。

① 直到1958年,柯普曼从作者处收到了《组织和计划生产的数学方法》一书的复印本时,才无意中得知有这么一本书。见柯普曼:《评论》,第364页。

② B. Л. 马卡罗夫、Г. И. 鲁宾斯坦:“论康托罗维奇在经济科学发展中的贡献”,《最优化》,俄文版,1971年,第3期,第11页。