

# AREA 国际经济 模型的原理 及其应用

王兴德 著

上海财经大学出版社

AREA GUOJIJINGJIMOXING DE YUANLIJIQIYINGYONG

# AREA 国际经济模型的原理及其应用

王兴德 著

---

责任编辑 王联合

封面设计 周卫民

---

出 版 上海财经大学出版社

(上海市中山北一路 369 号 邮编 200083)

发 行 新华书店上海发行所

印 刷 上海精英彩色印务有限公司

装 订 上海市广灵二小装订厂

开 本 850×1168mm 1/32

印 张 8.375

字 数 204 千字

版 次 1996 年 11 月第 1 版 1996 年 11 月第 1 次印刷

印 数 1—1000

书 号 ISBN 7—81049—066—4/F·41

定 价 30.00 元

---

## 序

AREA 国际经济模型是一个在国际上具有较长使用历史和较为成熟的系统动力学经济模型,曾被许多国家的经济研究机构所采用,它的前身是 SARU 模型。AREA 模型采用系统动力学方法对世界经济体系进行动态描述。该模型用 FORTRAN 语言写成,包括 156 个子程序,共有两万多条语句。经济研究人员在输入了世界各国(地区)的经济数据后就可以使用这个模型在计算机上模拟出世界经济在今后一段时期中的动态发展,他们还可以通过调节模型中的各种政策参数来研究一个国家(地区)的经济发展与其他国家(地区)经济状况的相互依赖关系。由此可见,这一模型具有很大的实用价值。

自 1988 年上半年起,我开始与王兴德同志合作,联合天津市计委计算站的同志,并组织了一批我校硕士研究生,共同开发研究 AREA 国际经济模型,1988 年我还与他一起申报了国家自然科学基金项目,得到基金委 2 万元资助。

我们合作的第一步是请王兴德同志为我的硕士研究生们讲课。从讲课中可以看出,王兴德同志对于这个在国外经过十几年反复修改的经济模型所下的功夫是很深的。这个宏大的经济模型涉及微观经济学与宏观经济学的理论知识,又涉及一系列系统动力学建模的原理,更涉及数学和计算机编程中的许多问题,一个人是很难全面掌握的。但是王兴德同志靠着刻苦钻研的精神和到处寻

师访友的努力,对于这个模型的各个方面都达到了很深的了解。特别是,他还改正了原有模型说明书中的一些错误,而他的这些意见的正确性不但在我们的研讨班中得到确认,而且还在他与开发该模型的外国学者的通信中获得对方的肯定。这充分显示王兴德同志在经济学、数学和计算机软件开发技术等方面的业务实力。

我们合作的国家自然科学基金研究项目全面开展起来后,我虽然也做了一些具体的组织和指导工作,但主要的研究工作是王兴德同志指挥的。除了天津市计委计算站的同志外,我在南开数学研究所指导的六名硕士研究生曾先后投入到这个项目中。这些研究生从对模型原理的理解到研究课题的选择都主要是由王兴德同志指导的,他们反映王兴德老师学风严谨,工作一丝不苟,对他们要求十分严格,使他们受益匪浅。

王兴德同志在从事这项研究工作时是富有创造性的。他与 AREA 模型的主要研究者、澳大利亚学者 Don MacRae 博士和 Franzi Poldy 博士经常通过书信讨论有关该模型的各种问题,对方多次称赞他对该模型细节提出的各种精辟见解。另外,王兴德同志还开发了一个在 IBM-PC 微机上借助电子表格软件对模型输入数据的协调性进行检验的系统,从而大大提高了对模型输入数据的协调性进行检验的效率,Poldy 博士得知此事后在来信中对此十分赞赏。总之,我在这几年的合作研究中深感王兴德同志勤奋刻苦、勇于开拓,是一位在经济管理的计算机应用方面达到国际水平的专家。

现在我们自然科学基金项目的研究工作早已如期圆满完成,他撰写的专著《AREA 国际经济模型的原理及其应用》作为这项研究工作的主要研究成果也早在 1991 年完成。他在该书中总结了这些年来在 AREA 模型的研究中的进展并阐明了他本人对该模型的深刻理解,我相信,通过这本书向我国学术界介绍我们所做过的研究工作,阐述我们对于该模型中所使用的各种数学关系式的

经济学意义的理解,对于我国的经济模型建模人员和系统动力学研究人员将会有所帮助。

南开大学南开数学研究所教授、博士生导师  
国务院学位委员会学科评审组成员  
国家教委科技委员会数学学科组副组长

史树中

1993年3月1日

## 前 言

AREA (Australian Resources and Environmental Assessment) 国际经济模型是一个以世界经济体系为研究对象的系统动力学模型[1],它是澳大利亚的 AREA 课题组、荷兰格罗宁根大学的世界模型课题组(World Model Project, 即 WMP)与美国夏威夷大学的全球模型和政策处理课题组(Global Model and Policy Process Project, G-MAPP)等研究机构,在原来由英国环境与运输部的系统分析研究组(System Analysis Research Unit)所开发的 SARU 模型的基础上加以改进与扩展而形成的。SARU 模型产生于 70 年代中期,AREA 模型则于 80 年代初期问世。

1987 年 6 月,在参加于上海举行的国际系统动力学年会期间,我了解到国际学术界对 AREA 模型的高度评价,便写信给澳大利亚 AREA 课题组主任麦克雷博士(Dr. Don MacRae),从他那里得到了 AREA 模型的手册和显示在缩微胶片上的程序清单。我当时在南开大学管理学系任教。由于这一模型不能在当时的微型计算机上运行,我便联合了天津市计委计算站(后来改名为天津市计算中心)的王维栋副总工程师和许瑞敏工程师,与他们一道钻研这一模型的原理和计算机程序,准备将它安排在他们的大型机上运行。我们首先请人将该程序中的两万多条 FORTRAN 语句输入到计算机中。由于这个模型原有的计算机程序只能在 CDC 计算机上运行,而天津市计委计算站的计算机是 IBM-4381,该程序中的一些部分如果不经修改便无法在这种计算机上运行,因此,王

维栋与许瑞敏两人就承担了对模型程序进行调试和修改的任务。而我则负责对该模型的经济学、数学和系统动力学原理进行分析研究。

经过一年的钻研,我对这一模型有了比较深入的了解,但对其中个别数学问题尚未完全搞清楚,这样,我便去请教我国著名的经济数学专家、南开数学所的史树中教授。在对这些问题进行讨论的过程中,史树中教授对 AREA 模型也产生了浓厚的兴趣,我们便于 1988 年决定共同向国家自然科学基金委员会以“AREA 国际经济模型的移植、改进与应用”为题申请立项。这一申请获准后便正式成立了由我们两人和王维栋、许瑞敏等人组成的课题组,并吸收史树中教授在南开数学研究所中的一些主攻经济数学的硕士研究生参加。研究工作的开展由史树中教授和我共同领导。

经过两年的努力,我们克服了许多困难,终于在 1990 年底以前完成了对于原来只适用于 CDC 计算机的模型程序的修改工作,使它可以在 IBM-4381 计算机上正常运行了。与此同时,我对模型的原理也获得了比较透彻的理解。在此过程中,我与澳大利亚 AREA 课题组主任麦克雷博士(Dr. Don MacRae)和该课题组技术负责人、手册作者波尔迪博士(Dr. Franzi Poldy)经常通过书信就该模型的原理交换看法。我从他们对模型的解释中受到许多启发,反过来,我对模型中一些部分提出的分析意见和改进意见也得到他们的肯定和赞赏。本书就是我经过三年的努力在对 AREA 模型进行了深入分析之后,从经济学、数学和系统动力学三方面对该计算机模型的原理所作的全面阐述。

在这项国家自然科学基金课题研究的最后阶段中,我们还利用联合国发布的各种统计资料 and 我国统计年鉴中有关我国经济发展的各项统计数字,对中国经济发展与世界经济的联系进行了模拟研究,取得了有关我国产业结构与进出口商品结构等问题的一些初步研究成果。所有这些结果和我所写的这本书稿,都已包括在

我们向国家自然科学基金委员会提交的研究成果之中。

1991年6月,在写完了本书稿之后不久,我就按照南开大学与加拿大约克大学 CIDA 交流项目的安排,以高级访问学者的身份赴加拿大麦克马斯特大学和多伦多大学进行合作研究。这时,我的研究在其他领域,暂时将经济模型的研究搁置了起来,本书书稿除了以一份副本作为项目研究成果已交国家自然科学基金委员会之外,自然也就被积压起来。1992年底我从加拿大回国后,于1993年4月调到上海财经大学任教。由于经费方面的困难,几年来我这本书无法得到出版。现在由于学校领导做出了资助我在校出版社出版的决定,才使我在五年前完成的这本书得以问世。

应该指出,我们在天津市计委计算中心 IBM-4381 计算机上移植和改造成功的 AREA 模型程序,在我出国和调到上海财经大学后的这些年内,和这本书一样,可能也同样遭遇到了被搁置的命运。由于计算机技术的飞速发展,该模型的运行方式和人机界面现在看来都已显得十分落后,因此今天大概不会有人愿意再到笨重的 IBM-4381 机器上去以极不方便的方式来运行这个模型了。

在搁置了五年之后,特别是在该模型目前可能无人愿意再去运行的情况下,出版这本书有什么价值呢?我想,对于这个问题的答复是这样的:

第一,无论该模型的计算机程序目前是否能够运行,这一模型的经济学、数学和系统动力学原理的合理性和严谨性却不会因时间的流逝而被动摇。本书阐明的 AREA 模型对许多经济(及贸易)现象所使用的处理方法,对于从事定量经济分析的研究人员来说仍然会有许多启示。特别是目前我国经济学与管理学界,不少人还不善于对经济现象进行定量分析,用定量方法来分析经济问题的著作也很缺乏,因此出版这本书对于改善这一状况可能会有一定的帮助。对于各类财经院校经济专业或其他有关专业的硕士和博士研究生们来说,本书也许也会为他们提供一份有参考价值的

课外读物。

第二, AREA 模型的原有计算机程序尽管在运行环境、运行方法等方面目前已经显得十分落后,但是,这并不表明这个模型本身已经落后。如果在一些高等财经院校或财经研究机构中,在具有必要人员的前提下,组织力量开发一个可在目前的高档微机上运行的 AREA 模型的 Windows 版本,应该是一项极有价值的工作。我希望,在上海财经大学或者其他地方,本书的介绍会使一些人对 AREA 模型重新感到兴趣,并激发起他们运用当前先进的计算机开发工具对该模型进行再次开发的热情和愿望。对于这些人,我还可以向他们进一步提供 AREA 模型的原有程序清单和其他参考资料。在充分利用了现代微机操作环境的各种优点之后,新开发的 AREA 模型或者它的某种改进版本肯定会对我国的经济学研究提供一个有力的工具。

第三,即使不考虑重新开发一个以世界经济体系为研究对象的、如此庞大的模型,本书所阐明的 AREA 模型应用系统动力学方法来处理各种动态经济问题的方法,也可为在其他领域中工作的系统动力学建模人员提供一种重要的参考。

应当指出,由于 AREA 模型是国际上许多优秀学者经过长期努力共同创造出来的,所以它的经济学和数学结构是十分严谨的,因而也是经得起推敲的。但本书对这些原理的阐述却是我本人所表达出来的,其中不可能没有错误。特别是,本书的书稿完成于五年以前,在书稿完成后我很快就又出国了,在直到这次付印以前我从未对该书稿再作过任何检查。在这次付印的校对过程中,出版社的责任编辑王联合同志和我自己都在书稿中发现和纠正了许多明显的文字错误。但由于时间的关系,我现在不可能对全书内容再作深入全面的思考。因此,我愿意在此郑重表示:希望广大读者用严格挑剔的态度,对本书中的错误给以指正。

借此机会,我要对上海财经大学的校长和科研处领导表示深

深的感谢,没有他们所作出的对本书给予资助的决定,这本书大概将永远以一本未出版书稿的形式搁置下去。我还要对上海财经大学出版社的领导和编辑们表示衷心的感谢,他们为这本书的出版付出了艰辛的劳动。我还要对史树中教授表示感谢,除了因为他在我们共同实施国家自然科学基金项目的研究过程中给我的支持和帮助之外,更因为他在1993年3月我即将离开南开大学的前夕,在还看不见本书出版希望时就为我写好的那篇极为(也许过于)美好的序言。最后,我还愿意通过本书的出版向远在天津的王维栋高级工程师和现已出国的许瑞敏女士致意,纪念我们在一起进行合作研究的那些日子。

上海财经大学经济信息管理学系 王兴德

1996年7月

# 目 录

## 前 言

## 第一章 概 论..... (1)

1.1 AREA 模型是新古典经济理论与系统动力学  
方法的结合 ..... (1)

1.2 系统动力学的基本概念 ..... (2)

1.3 AREA 模型的性质与结构 ..... (13)

1.4 AREA 模型的主要框架 ..... (17)

## 第二章 AREA 模型的经济学原理 ..... (24)

2.1 各部门的生产函数..... (24)

2.2 各地区的国民生产总值与总支出..... (35)

2.3 各地区总支出在使用上的分配..... (38)

2.4 各部门的资本和劳动(力)..... (45)

2.5 各个 KALIF 部门中肥料和灌溉水的使用量 ..... (62)

2.6 各地区耕地的开发、使用与分配 ..... (64)

2.7 各地区对各种商品的需求..... (74)

2.8 各地区的商品价格..... (93)

2.9 各部门的生产率因子与紧急衰减因子 ..... (100)

2.10 各地区间的贸易..... (109)

2.11 AREA 模型中的反馈环 ..... (116)

## 第三章 数据准备与初始化处理程序..... (122)

3.1 模型所需要的数据 ..... (122)

3.2 KALIF 部门收成函数的确定 ..... (125)

|              |                                                  |              |
|--------------|--------------------------------------------------|--------------|
| 3.3          | 初始化处理程序 .....                                    | (126)        |
| <b>第四章</b>   | <b>AREA 模型的运行命令 .....</b>                        | <b>(155)</b> |
| 4.1          | 概述 .....                                         | (155)        |
| 4.2          | 行动命令 .....                                       | (156)        |
| 4.3          | 描述命令 .....                                       | (163)        |
| 4.4          | 条件命令 .....                                       | (169)        |
| 4.5          | 环境命令 .....                                       | (182)        |
| <b>第五章</b>   | <b>AREA 模型的应用 .....</b>                          | <b>(185)</b> |
| 5.1          | AREA 模型在经济系统研究中的主要用途 .....                       | (185)        |
| 5.2          | AREA 模型在研究经济与环境的相互作用<br>方面的用途 .....              | (189)        |
| 5.3          | AREA 模型的用法 .....                                 | (191)        |
| 5.4          | AREA 模型在 IBM - 4361 计算机上的具体<br>运行方法 .....        | (200)        |
| <b>附录 1.</b> | <b>AREA 模型中的状态变量 .....</b>                       | <b>(202)</b> |
| <b>附录 2.</b> | <b>AREA 模型中的工作变量 .....</b>                       | <b>(205)</b> |
| <b>附录 3.</b> | <b>AREA 模型中的参数和外生变量 .....</b>                    | <b>(211)</b> |
| <b>附录 4.</b> | <b>AREA 模型中的表函数 .....</b>                        | <b>(216)</b> |
| <b>附录 5.</b> | <b>AREA 模型所附的样本数据集(SAMPLE<br/>DATA SET).....</b> | <b>(218)</b> |
| <b>附录 6.</b> | <b>AREA 模型的主要程序结构 .....</b>                      | <b>(250)</b> |
| <b>参考文献</b>  | <b>.....</b>                                     | <b>(259)</b> |

# 第一章 概 论

## 1.1 AREA 模型是新古典经济理论与系统动力学方法的结合

AREA 模型与其前身 SARU 模型一样,采用新古典学派经济理论作为它们的基础,其基本假设为:

△ 在给定商品价格的前提下,消费者将选择消费那些使其效用函数达到极大的商品;

△ 在给定生产要素价格的前提下,生产者将选择使用那些使利润达到极大的生产技术;

△ 生产者不能用调节其供应量来影响他们销售的商品的价格;

△ 消费者不能用调节其需求量来影响他们购买的商品的价格;

△ 劳动力与投资在各工业部门中的分配取决于工资与利润,它们将被吸引到工资与利润较高的部门中去;

△ 商品价格与其社会存储量成反比;

△ 不论商品社会存储量的期望值多大,存在着一组商品价格,它们能使市场出清,即能够使供应与需求达到平衡;

△ 商品价格降低或消费者收入升高时,消费者购买的商品数量随之增多(劣质品除外)。

建立在新古典学派经济理论基础上的各种经济学关系构成了 AREA 模型的主体。但是,由于许多经济学关系表示的都是均衡

状态或最优状态下的静态关系,因此以研究经济系统动态发展为宗旨的 AREA 模型在处理这些静态关系时采用了如下的措施:将静态关系中的那些经济量看作为一些“期望值”,同时又按照系统动力学的方法将相应的实际经济量看作以一阶延迟的方式趋向于其“期望值”的动态变量,并用适当的时间常数来表示该经济量的“惯性”。此外,为了正确地模拟社会经济行为中的决策过程,AREA 模型又使用系统动力学常用的方法对于那些在决策过程中以信息形态出现的变量进行了平滑处理。

## 1.2 系统动力学的基本概念

人们通过对机械系统与电气系统的长期研究,总结出了认识与描述这些系统的科学方法,建立了一套严谨的系统理论,并将这一理论推广使用于技术科学和自然科学的许多领域。本世纪 50 年代以来,随着计算机技术的迅速发展,计算机模拟方法与系统理论结合起来,又为人们研究复杂系统行为增添了一个强大的武器。在这个背景下,从本世纪 60 年代初开始,以美国麻省理工学院教授 Jay W. Forrester 为首的一批学者就一直致力于将系统理论与系统模拟方法推广应用到管理学、经济学、生态学和其他社会科学领域中去。在这方面最重要的三个标志是 Jay W. Forrester 教授本人分别于 1961、1969 和 1971 年出版的三本专著:《工业动力学》[2]、《城市动力学》[3]和《世界动力学》[4]。经过长期努力,追随 Forrester 教授的人们在社会科学和生态科学的各个领域开拓了系统理论和系统模拟方法的越来越多的应用,终于形成了一个专门的学科:系统动力学。概括地说,系统动力学就是这样的一门学科,它在系统理论和计算机模拟技术的基础上,探讨在社会科学与生态科学领域内建立各种动态模型的一般方法,并应用这些模型对社会经济与生态系统进行动态模拟研究。

系统理论(和系统动力学)认为,任何一个动态系统都可以用一组变量的值来完全加以描述,系统中所有其他变量在任意时刻的值都唯一地被这组变量在同一时刻的值所确定,我们把这组变量称为系统的**状态变量**(state variables),在系统动力学文献中更习惯于称之为**水平变量**(level variables)。状态变量(组)的选择并非唯一的,如果  $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$  是某系统的一组状态变量,而  $z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)$  与  $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$  之间存在着一种一一对应的变换关系,那么  $z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)$  也可以被选为该系统的**一组状态变量**。尽管状态变量组的选择不是唯一的,但各个等效状态变量组中所含变量的个数却是相同的。一个系统中所包含的一组完整的状态变量中的变量个数( $n$ )称为该系统的**阶数**。

作为系统状态变量的函数的任意其他变量(当然也包括状态变量本身)均可称为**内生变量**(endogenous variables)。不是状态变量的那些内生变量通常称为**辅助变量**(auxiliary variables)或**工作变量**(working variables)。影响系统行为、但不取决于系统状态变量的那些变量,亦即其变化规律只取决于系统外部因素的那些变量通常称为**外生变量**(exogenous variables)。

任一系统的发展变化可以用关于其状态变量( $x_1, x_2, \dots, x_n$ )的一组一阶常微分方程来描述:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n; y_1, y_2, \dots, y_l; u_1, u_2, \dots, u_m) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (1.2.1)$$

其中  $y_1, y_2, \dots, y_l$  是工作变量;  $u_1, u_2, \dots, u_m$  是外生变量。我们将这一组微分方程称为系统的**状态方程**。

按照工作变量的定义,它们中的每一个都是状态变量(与其他工作变量)的已知函数:

$$y_j = y_j(x_1, x_2, \dots, x_n; y_1, y_2, y_{j-1}, y_{j+1}, \dots, y_l; u_1, u_2, \dots, u_m) \quad j=1, 2, \dots, l \quad (1.2.2)$$

所有(1.2.1)与(1.2.2)式中的  $n+l$  个方程的全体就是一个动态系统的数学模型。顺便指出,出现在(1.2.1)式左端的状态变量的时间导数在系统动力学中通常称为流速变量或速率变量(rate variables)。

在给定外生变量作为时间函数的具体函数形式以后,从理论上说,通过对(1.2.1)与(1.2.2)的联合求解便可确定各个状态变量随时间变化的具体函数形式。但是,一般而言,求出这些函数的解析形式是一项非常困难的任务,特别是,在(1.2.1)和(或)(1.2.2)式存在着非线性关系的情况下,求出状态方程的解析解很可能是根本无法实现的。

但是,在现代计算机的帮助下,我们可以借助于数值方法来确定系统状态变量的变化规律,即,在给定各个状态变量在某个时刻的初始值的条件下求出它们在下一个时刻的值,在此基础上,求出它们在再下一个时刻的值,等等,如此继续下去,就能模拟出所研究的系统从一组特定的初始状态值出发后在一段时间内的整个变化过程。如果所建立的数学模型正确地反映了所研究的实际系统的本质,那么,这种模拟就能将实际系统在几年、十几年、或几十年内的发展变化趋势显示出来(而由于客观系统固有的内部复杂性,这种趋势往往是人们在仅仅依靠经验的条件下所无法预知的)。

在采用数值方法对微分方程(1.2.1)求解时,我们实际上是取相隔为某一步长 $\Delta t$ 的一系列时刻 $t_k(k=1,2,\dots)$ (其中 $t_k - t_{k-1} = \Delta t$ ),再按照欧拉(Euler)公式将该微分方程组近似地改为下面的差分方程组,然后递推求解:

$$\begin{aligned} x_i(t_k) = & x_i(t_{k-1}) + f_i(x_1(t_{k-1}), \dots, x_n(t_{k-1}); \\ & y_1(t_{k-1}), \dots, y_l(t_{k-1}); u_1, \dots, u_m) \Delta t, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned} \quad (1.2.3)$$

某些外生变量或系统参数可以被用来表示人们对系统的动态行为进行控制的“政策变量”,模型的使用者通过给这些外生变量或参数提供不同的数值,然后在计算机上反复运行代表系统的模

型程序,就可以了解客观系统在不同条件下的发展变化趋势。关于政策变量在 AREA 模型中的具体运用详见 5.1 节。

现在以下面的一阶动态系统为例来说明反馈这个系统动力学中的重要概念:

$$\frac{dx}{dt}=f(x) \tag{1.2.4}$$

如果把状态变量  $x$  看成一个水池中水的总量(体积),那么流速变量  $\frac{dx}{dt}$  便可看成受一个阀门控制的水管中的水的流速, ( $\frac{dx}{dt}>0$  表示水流入水池,  $\frac{dx}{dt}<0$  表示水流出水池)。(1.2.4)式可以看成人们根据对于水池中当前水量的了解(信息)从而对阀门进行控制的规律。对阀门进行控制的结果将影响水池中(以后各时刻)的水量,

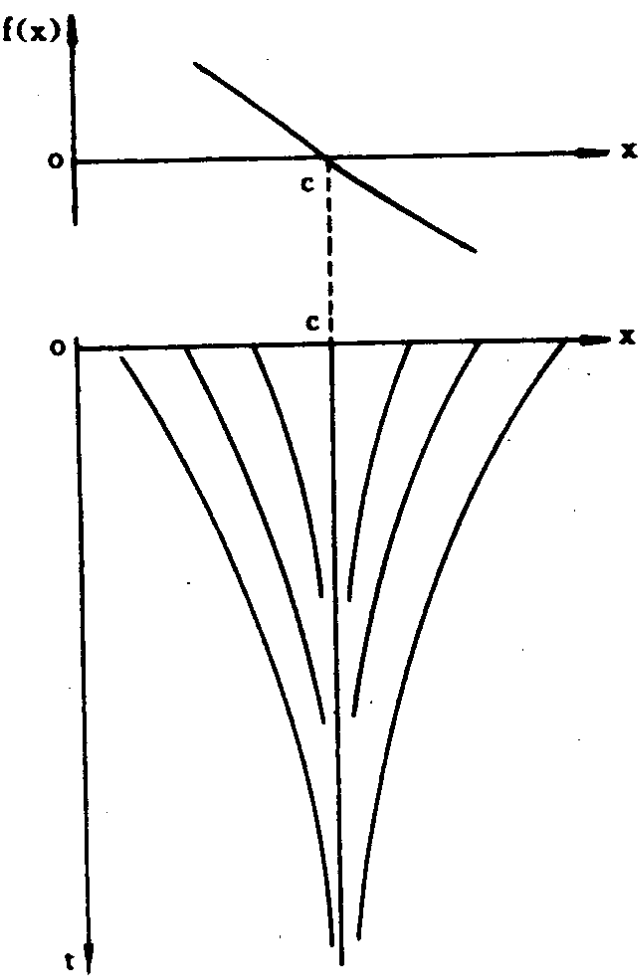


图 1.2.1

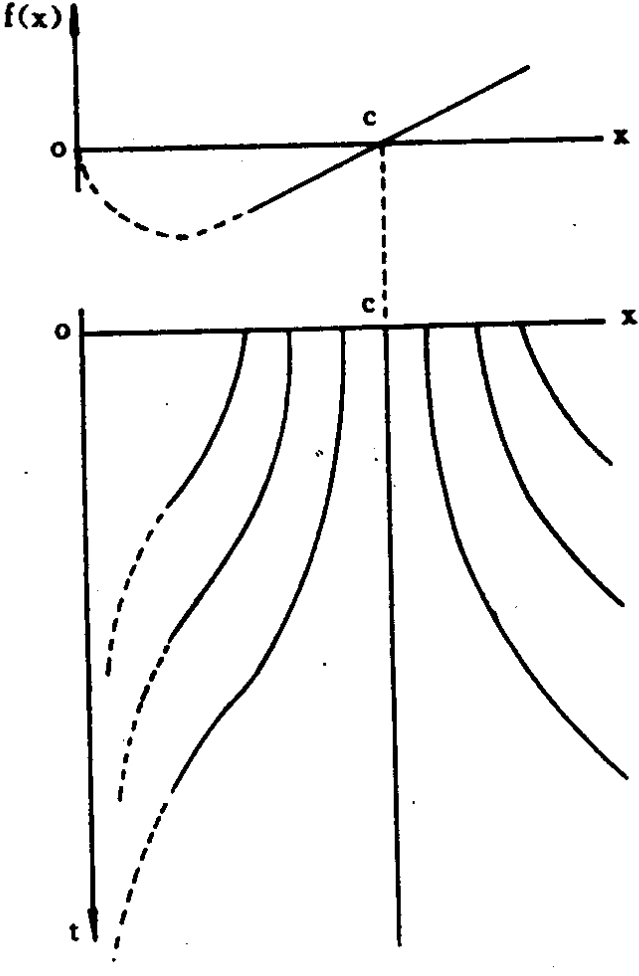


图 1.2.2