

比较

2018年
第6辑
总第99辑

COMPARATIVE STUDIES

吴敬琏 主编

诺贝尔经济学奖评委会

诺德豪斯和罗默的学术贡献

邵挺 田莉 陶然

中国城市二元土地制度与房地产调控长效机制

马修·杰克逊

网络在理解经济行为中的作用

D. 贝克 A. 贾亚德夫 J. 斯蒂格利茨

创新、知识产权与发展

洛尔·博西耶

刘遵义

技术追赶非一日之功

张文魁

中国四十年改革发展的经济学意义

徐林 范毅

改革开放四十年中国的城市化

E. 哈努谢克 G. 施韦尔特 L. 沃斯曼因 张磊

通识教育、职业教育与长期就业和收入

比较

总第99辑

2018年第6辑

COMPARATIVE STUDIES

吴敬琏 主编

中信出版集团 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

比较. 第 99 辑 / 吴敬琏主编. -- 北京: 中信出版社, 2018.12

ISBN 978-7-5086-9397-2

I. ①比… II. ①吴… III. ①比较经济学 IV.
① F064.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 275382 号

比较·第九十九辑

主 编: 吴敬琏

策 划 者: 《比较》编辑室

出 版 者: 中信出版集团股份有限公司

经 销 者: 中信出版集团股份有限公司 + 财新传媒有限公司

承 印 者: 北京华联印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 18.25

字 数: 300 千字

版 次: 2018 年 12 月第 1 版

印 次: 2018 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5086-9397-2

定 价: 38.00 元

版权所有·侵权必究

凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由发行公司负责退换。

服务热线: 400-696-0110

<http://www.caixin.com>

010-58103380

E-mail: service@caixin.com

卷首语

2018年诺贝尔经济学奖授予保罗·罗默与威廉·诺德豪斯，以表彰他们“为分析长期发展问题设计了新的工具”。中国当下面临的危机与挑战，能不能“稳经济、保增长”，从两位诺奖得主的研究中，可以习得重要的理论方法和框架，比如罗默对“创意”的强调，认为“创意的积累是长期经济增长的源泉”。正是在改革开放的环境中，才有了中国的技术进步和经济发展。故本辑《比较》开篇为读者提供了诺奖评委会总结这两位经济学家学术贡献的长篇文章。

文章总结罗默与诺德豪斯为分析长期发展问题设计了新的工具。“从长期的全球视野看，技术变革和气候变化是可持续的长期经济增长的关键内容。这两位学者在范围甚广的学术界产生了极大影响。他们从同样的起点（即新古典增长模型）出发，各自补充了长期经济活动的关键驱动因素的影响——技术进步与气候变化——这些因素早就受到了经济史学家的关注，但此前被大多数经济学家作为外生因素。这两位学者都在分析理想的长期结果时强调了外部性的作用，从而凸显了经济政策的潜在意义，并给政策设计提供了新的指导。”展望未来，这两位学者的成果有助于把有关政府政策的研究同全球市场经济中的内生技术变革的研究结合起来，给学术界解答与气候变化、能源供应和可持续发展有关的长期议题提供机遇。

邵挺、田莉和陶然的文章探讨如何在当前城市土地二元制度的条件下，推进城市土地制度改革和房地产长效调控机制，为未来真正实现“人的城市化”创造更好的条件。为此，他们分析了当前工业化和城市化模式下的城市土地与住房市场运行逻辑，以此为基础，提出了利用人口流入多的城市城中村、城郊村集体建设用地，建设租赁住房，同时增加商品房供应的政策建议。根据这一政策建议，三位作者就不同建设密度的城中村与城郊村，提出了可执行的更新改造方案和相关配套措施。

斯坦福大学马修·杰克逊教授的文章讨论社会网络对理解人类经济行为的作用。近年来，经济学对网络的研究日益增多，这主要源于经济学家在构建更好的人类行为模型的过程中，认识到人类本质上是社会化的物种，他们相互交往，并形成相应的人际关系网络。杰克逊在文章中分析了人际关系网络的一些重要属性，比如密度、同质性、网络节点的中心地位、集群等，对信息传播和人们行为的影响，由此进一步说明对社会网络的研究，如何帮助我们回答为什么会出现某些行为模

式、最终福利和政策影响等问题。

诺奖得主斯蒂格利茨等人的文章从学术视角思考发展、知识产权与创新的关系。他们认为，当前的知识产权制度基于一个基本的逻辑：如果创新活动得不到垄断带来的相应回报，市场对研究、创新和创造性成果的供给就会不足。于是，形成了以专利形式授予创新者一定期限垄断的制度安排，也即所谓的“以私人垄断推动创新”。但是，越来越多的证据表明，这一制度安排导致专利的滥用，从而阻碍了知识扩散，压制了创新，扭曲了创新方向，减少了创新带来的福利。为此，他们提出了以公共资助推动创新的替代方案，旨在减少现行知识产权制度的弊端，提高创新水平和社会福利，同时充分考虑平等和效率。这一方案涉及四种主要的创新资助机制，它们分别是集中化的直接资助机制、分散资助机制、奖励型资助机制和专利奖励型资助机制。文章还讨论了如何改革现行国际知识产权制度，以促进发展中国家的“学习型”发展。

哥伦比亚大学迈克尔·斯帕尔教授和法国巴黎科学院安妮-洛尔·博西耶博士的文章比较分析了美英法三国的公共卫生体系。他们发现，这三个国家的急症治疗和生物医学研究都优于公共卫生和预防体系。这其中的主要原因是，更重视医疗服务的可及性、看似无穷无尽的技术进步以及各种传染病的广泛消除。对美国来说，还有另外两个原因，一是对政府的不信任，二是“我们对阵他们”的阵营划分。不过，从总体上看，美国的公共卫生体系要强于英法，这得益于公共卫生倡导者对道德风向的引领，从而使公共卫生干预获得了合理性。不过，公共卫生的进一步发展依然面临不可避免的政治障碍，如利益集团的影响、文化问题以及公共卫生事业在政治上的不受关注。克服这些障碍，才能更好、更公平、更有效地建设更健康的社会。

知名经济学家刘遵义教授的文章摘自他的最新著作《天塌不下来：中美贸易战及未来经济关系》。在题为“技术追赶非一日之功”的这一章中，刘遵义教授比较分析了中国与其他主要经济体的研发投入和科技水平。从研发支出占GDP比重、实际研发资本存量及增长率、基础研究支出占总研发支出的比例、本国专利授予数量及美国对本国专利的授予数量、科学和工程论文发表数量、高等教育机构质量、诺贝尔奖获奖人数这一系列指标来看，中国在科技领域虽然取得了巨大进步，并有可能在某些特定或细分领域（如量子通信）赶上甚至超过美国，但整体上仍明显落后于美国。或许需要至少一代人，中国才能在总体上赶上美国的科技实力。尽管面临中国的竞争，美国并不会在短期之内丧失在科技方面的领先地位。可以说，中美之间未来的竞争本质上是科技的竞争。

“改革记忆”栏目是两篇回顾改革开放四十年的文章。张文魁的文章聚焦于改革过程中的三个理论和实践问题，即计划与市场孰优孰劣、国有企业与市场经济

能否相容、国家战略及产业政策能否帮助实现工业化，回顾经济学者就此展开的争论，剖析经济学的价值和短板所在。他认为，现有的经济学分析体系往往难以给出确切的结论，更无法回答认识论和价值观方面的问题。因此，一个好的经济学者，不仅要熟练运用现代经济学的主要分析方法和工具，还必须勤于事实观察探究和历史教训反思，最后还要诉诸认识论和价值体系。

徐林和范毅的文章则回顾了改革开放四十年来的城市化历程。这一历程揭示，城市化最根本的动力来自城乡差距、工农差距下对劳动力自由流动的解放，这使劳动力资源能够按照市场化选择，在收入更高的部门和区域得到高效利用，加快了中国的工业化进程和农村减贫步伐。在未来的改革中，需要进一步加强而不是弱化这一市场化、自由化配置要素资源的成功做法。为此，应当继续推进城乡之间的要素自由流动和公平等价交换；政府也应当从“造城建城”转向为城市化进程中的流动人口提供更加均等化的公共设施和公共服务，推进更科学民主的城市规划决策和更广泛的城市治理公共参与，以更好地适应城市公民社会的特征，激发城市的创新活力和协同效率。“这必将成为中国经济发展的持续动力，值得我们为之努力和付出。”

“视界”栏目是三位外国经济学者和中国经济学者张磊的合作文章，试图分析不同教育类型对受教育者的就业影响。他们运用国际成人读写能力调查的数据，估计了不同教育类型对整个生命周期就业情况的影响，结果表明在实行职业教育的国家，受职业教育者在年轻时更容易被雇佣，但是这种优势会随着年龄的增大而消失；受通识教育者在职业初期面临较差的就业结果，但是相对于受职业教育者，受通识教育者的就业概率会随着年龄的增长而提高，完成通识教育的个体最早在50岁就开始有更高的就业率。这一分析结果表明，在制定有关职业教育的政策时，需要考虑职业教育长期与短期的利弊权衡。最重要的是，通识技能在现代社会中十分必要，因此职业教育不能被用来替代高质量的基础教育。如果政策制定者想要将学校体系偏向于职业教育，那么也需要考虑如何才能使工人自身和雇主更加关注整个职业生涯的教育和培训，从而弥补职业教育在后期带来的不利影响。

目 录

Contents

第九十九辑

- 1 经济增长、技术变革与气候变化 诺贝尔经济学奖评委会
Economic Growth, Technological Change, and Climate Change
by the Committee for the Prize in Economic Sciences
in Memory of Alfred Nobel

改革论坛

Reform Forum

- 54 中国城市二元土地制度与房地产调控长效机制：理论分析框架、政策
效应评估与未来改革路径 邵挺 田莉 陶然
China's Urban Dual Land System and Real Estate Market Development:
Analytical Framework, Policy Evaluation and Reform Potential
by Ting Shao, Li Tian and Ran Tao

前沿

Guide

- 90 网络在理解经济行为中的作用 马修·杰克逊
Networks in the Understanding of Economic Behaviors
by Matthew O. Jackson

法和经济学

Law and Economics

- 114 创新、知识产权与发展：面向21世纪的改良战略
迪恩·贝克 阿尔琼·贾亚德夫 约瑟夫·斯蒂格利茨
Innovation, Intellectual Property and Development: A Better Set of
Approaches for the 21st Century
by Dean Baker, Arjun Jayadev and Joseph Stiglitz

比较之窗

Comparative Studies

- 148 跨国视角下的公共卫生：美国体系令人意外的优势
迈克尔·斯帕尔 安妮-洛尔·博西耶
Public Health in a Cross-National Lens: The Surprising Strength of the
American System *by Michael S. Sparer and Anne-Laure Beaussier*

新书架

New Books

- 168 技术追赶非一日之功 刘遵义
Why is There a Technological Gap? *by Lawrence Lau*

改革记忆

Retrospect of Reform

- 192 中国四十年改革发展的经济学意义

张文魁

The Implications of China's Reform and Opening for Economics

by Wenkui Zhang

- 220 改革开放四十年中国的城市化

徐林 范毅

China's Urbanization during Last Forty Years of Reform and Opening

by Lin Xu and Yi Fan

视界

Horizon

- 256 通识教育、职业教育与长期就业和收入

埃里克·哈努谢克 吉多·施韦尔特 卢德格尔·沃斯曼因 张磊

General Education, Vocational Education, and Labor-Market Outcomes
over the Lifecycle

by Eric A. Hanushek, Guido Schwerdt, Ludger Woessmann and Lei Zhang

经济增长、技术变革与气候变化

诺贝尔经济学奖评委会

1. 引言

今年的奖项授予为解答当代某些最根本与最迫切的问题而设计的研究模型和方法，关系到全球经济的长期发展及全体民众的福利。保罗·罗默为我们理解如何在市场经济中决定长期技术变革提供了工具，而威廉·诺德豪斯则率先设计了探讨我们星球的经济和气候如何相互作用的理论架构。

罗默关注技术变革的基本内生特征，特别是经济活动如何扩展其未来的边界及可能性。诺德豪斯关注气候变化的根本挑战，特别是实现未来经济繁荣的行动产生的消极作用及局限性。两位获奖人都强调，市场经济虽然是人类发展的强大发动机，却有着严重缺陷。他们的研究成果对于探讨政府政策如何影响人类的长期福利提供了深刻的洞见。

拓展经济学的研究领域：知识与自然。两位获奖人在核心研究工作中都借鉴和覆盖了其他学科。经济学家过去普遍把技术和工程的进步，也即广义的技术知识，视为给定条件，罗默则看到知识的边界也有核心的经济决定因素。与

* 本文为诺贝尔经济学奖评委会对2018年诺贝尔经济学奖得主保罗·罗默（Paul M. Romer）和威廉·诺德豪斯（William D. Nordhaus）学术贡献的总结报告，感谢特邀编辑李一南博士提供的帮助。——编者注

之相似，诺德豪斯认识到，全球气候，也即广义的自然环境，不只是人类活动的重要决定因素，同时也影响着社会并受到经济活动的影响。两位获奖人于是把知识和自然引入了经济学研究领域并使之成为关键的组成部分。

长期议题。罗默与诺德豪斯的获奖成果均属于长期宏观经济学研究领域。在教科书中，宏观经济分析往往以不同时间期限来界定。最为人熟知的是短期宏观经济学视角，即有关商业周期的研究，这个周期通常表现为 10 年左右的起伏。在这些起伏中，我们很容易忘记长期视角，那就是对经济增长的研究，所谓增长就是生产以及更广义的人类福利水平在数十年甚至多个世纪的进步。从短期看非常微小的年度增长率差异会累积起来，如果延续数十年，就可能带来生活水平的显著差异。因此，长期宏观经济表现是当前和未来各个世代人类福利水平的决定力量之一。

市场失灵。罗默与诺德豪斯关于未来长期福利的可能性及局限的发现均涉及特定的市场失灵现象。两位获奖人都指出，在没有精心设计的政府干预时，根本的外部性会导致非最优结果。在罗默的研究中，外部性主要是知识外溢带来的正面效应，新的创意可以被更多人采用，生产出新的产品和更多创意。^①在诺德豪斯的研究中，外部性主要是导致气候变化的温室气体排放的负面效应。在上述两种情形下，如果没有政策干预（例如对知识生产的补贴和扶持，对碳排放的税收或配额），外部效应就不会被创新者或排污者恰当地纳入个人决策。这样的定性分析结论可以追溯到底古（1920），但为解决问题设计正确处方则有赖于两位获奖人率先提出的理论模型。

全球议题。上述介绍中提到的两方面的外部性，以及由此所需的政策干预，都具有全球性与长期性特征。新技术的创意（蓝图）无论起源于哪里，原则上都可以在其他地方得到应用，以生产新的产品和更多创意，并且在当时以及未来持续发挥影响。类似地，二氧化碳气体排放每增加一单位，无论发生在哪里，都将很快扩散到整个大气中，其中大约一半会保留数百年，有相当比例还会保留更长时间，持续推动全球变暖。从这个意义上讲，两位获奖人研究的都是全球性的长期可持续增长议题。

共同基石。两位获奖人的研究贡献以 1987 年诺贝尔经济学奖得主罗伯

① 这一外溢是正面效应，并不意味着新的创意和产品在现实中就对人类有利。读者应该能想到导致人类福利降低的创意的例子。

特·索洛的新古典增长理论为共同出发点，各自将这一理论架构朝着颇具意义和成果的方向做了拓展。简而言之，罗默为理解长期 GDP 增长的决定因素提供了必要的补充，也即知识生产方面的驱动力；诺德豪斯则为理解全球经济与全球气候的相互作用加入了必要因素，也即自然科学发现的一系列作用机制。

由此，罗默与诺德豪斯展示了索洛的原始理论框架的活力，它可以广泛应用于分析大量重要议题。他们的研究也修正了原始框架的两个重大缺陷。

技术变革的内生化。索洛用他的方法分析数十年乃至数百年的经济增长时，假设技术作为经济增长和福利提高的最终源泉有着外生的稳定变化路径。从这里看，他并没有解答长期增长的真正源泉。与之相比，罗默关注的恰恰是这一核心问题：市场经济如何通过逐利的研究开发活动发展出新技术？^① 他的回答给如今普遍称为“内生增长理论”的研究奠定了基础。该理论认为“创意”对经济增长至关重要，并详细阐述了产生创意的先决条件。

罗默指出，新的创意与大多数经济品的一个不同之处是非竞争性：某个人采用某个创意，不会排斥其他人采用同一创意。但他又强调了创意的另一面：在某种程度上可以实现排他性。虽然某个创意能被两家企业同时采用，但仍可通过监管、专利法规或技术保护手段（加密等）排斥其中一家。罗默认为，排他性对市场中的创意生产非常关键，并非所有创意都能满足此条件。例如，某些类型的基础研究或许最适合由大学生产。^②

罗默接下来提出，创意的生产通常有规模收益递增特征，前期设计的启动成本高，后期复制的边际成本低且稳定。因此，他强调创意与市场势力存在相互联系：市场势力是保证定价高于边际成本的典型手段，让企业可以借此回收前期研发的大量固定成本。从这个意义上讲，垄断利润正是市场研发活动的动力。然而生产性创意的非竞争性可被视为潜在的正外溢效应，有正外部性。市场组织的研发活动涉及一定程度的垄断权和外部性，经常会导致低效率的结果。总之，缺乏监管的市场可以产生技术变革，但不能达到最有效率。这揭示了经济政策的潜在重要性，不仅是指各国内部，也适用于世界范围。

① 1993 年的诺奖得主道格拉斯·诺思（North, 1981）提出，市场中的研发活动对发达国家进入现代增长时代的技术起飞至关重要。或许可以说，罗默的贡献是把这一思想做了发展和理论化。

② 大学的经费是应该来自公共还是私人资金，并非这里的核心问题。有学者分析过学术研究和私人部门研究的相对优势和劣势（Aghion、Dewatripont and Stein, 2008）。

气候变化的内生性。索洛的原始理论框架没有考虑持续经济发展路径中对增长的任何限制或者障碍，诺德豪斯则长期关注全球层面对增长的阻碍因素，即自然资源的有限性。^①但他最深入和全面的贡献还是针对气候变化形成的阻碍，并从自然科学的多个领域吸收了大量成果。诺德豪斯在研究中通过三个重要机制拓展了索洛模型：（1）大气二氧化碳浓度如何受经济活动中碳排放的影响；（2）全球气温如何通过辐射强度受大气二氧化碳浓度的影响；（3）全球气候如何对经济活动与人类福利造成各种形式和程度的损害。

通过这种跨学科研究的方式，诺德豪斯设计出了综合评估模型（Integrated Assessment Models, IAMs），其第一代是动态综合气候经济学模型（Dynamic Integrated Climate Economy model, DICE）。综合评估模型让我们能够评估不同经济增长路径及其对气候乃至未来人类福利的影响。在这些动态模型中，碳排放反映了为经济用途燃烧的化石燃料数量，通过如下因果关系链条影响未来的经济福利：碳排放⇒提高大气二氧化碳浓度⇒全球变暖⇒经济损失。与研发和知识生产的例子相同，市场经济会造成全球层面的未来低效率结果。例如《斯特恩报告》（*Stern Review*, 2007）曾用如下的尖锐语气来表述这一思想：“气候变化是有史以来最严重的市场失灵的结果。”

上述市场失灵现象意味着，政府通过碳税或全球范围的碳排放配额进行干预可能具有极为重大的意义。诺德豪斯及其跟随者构建的综合评估模型让我们能够对不同的未来增长路径与不同政策选择的福利影响进行量化比较。

需要深入开展的研究。罗默与诺德豪斯的研究取得了关键进步，但并未提供最终答案。他们在方法上的突破给（他们和其他人共同参与的）之后对全球长期议题的大量深入研究开辟了道路。他们的分析暴露出我们对若干关键领域的认识仍相当薄弱。他们构建的理论框架可以指导今后的研究，以期填补这些知识缺口。对技术变革与气候—经济关系的后续研究正在开展之中，已经得出了若干重要发现，但还有更多问题有待解答。

有关气候变化与增长的议题。诺德豪斯的方法给我们展示了从成本收益角度分析增长与气候变化之关系的若干原则。他的研究还揭示了测算气候变化导致的破坏及其相关的不确定性具有重要意义。针对这些测算的研究工作仍处在早期阶段，其中第一项颇为必要却令人生畏的任务，是对气候变化导致的破坏

① 可参阅 Nordhaus (1974) 等。

进行地图绘制，涉及气候变化如何对全球各个区域造成影响及其作用渠道的大量异质性和不确定性。

与之相关的另一项任务关于“适应性”：人类居民及社会群体如何适应不同的气候，例如通过移民的方式？技术变革也是一种重要的适应方式。正如罗默指出的那样，技术变革是有目的的经济活动的结果。基于其基本原则的模型可以帮助我们分析如何激励适应性技术的开发，以及如何用政策调整技术变革的方向。

诺德豪斯的研究还指出了其他因素的重要性。鉴于未来气候变化的重大不确定性，探讨恰当的应对措施时需要明确或隐含地考虑风险和不确定性，所有政策思考还应该考虑贴现因素。由于碳排放的影响期限远远超出个人的寿命，必须高度重视未来世代的福利水平。在这两个方面，都有必要引入伦理价值观作为科学测算的补充。理论模型的一个贡献就是把不同价值观的判断转化为不同的政策路径。

有关技术变革与增长的议题。罗默的早期成果对经济增长研究产生了重大影响，指出了20世纪80年代后期采用的理论框架的缺陷。他的工作引领了大量旨在理解现实增长过程的理论和实证研究。

罗默（1990）的关键突破是关注拓展产品种类的创新，其他研究者则用类似思路研究既定产品类型的逐步改进（Aghion and Howitt, 1992；Grossman and Helpman, 1991a）。后一种“创造性破坏”的方式也非常重要，显示创新企业可以通过降低现有产品的生产成本取代老企业。还有一个重要理论直接基于罗默的思路，该理论关注技术变革的方向，为不同类型的研发活动投入的资源反映了市场力量的作用。其中一项颇有影响的研究表明，受过大学教育的美国工人大量增加触发了与高技能工人互补的技术的研发（Acemoglu, 1998）。此类研究有助于我们解释某些经济体中工资不平等程度上升的现象。

在罗默的主要研究成果背后，有一个核心动机，那就是对不同国家和不同时期的增长率差异做出解释。索洛的基本模型预言了国家之间增长率的趋同，然而结论并没有得到实际数据支持，因此，罗默的成果引领了大量日益活跃的研究，对数据做了更细致的分析，对各种长期增长理论开展了对比检验。这些实证研究出现了基于不同方法的几波潮流，包括关注趋同的“增长回归”，基于“发展核算”的结构评估，以及基于“自然实验”识别相对增长业绩的决定性驱动因素的方法等。

罗默最初的直觉是把各国的长期相对增长业绩视为其自身制度和政策选项的内生结果。后续的实证研究继续关注国民收入横截面中的内生相对水平。这方面的实证研究仍在开展中,聚焦于技术应用和创新、人力资本改进、物质资本积累以及一般制度条件的比较。有证据表明,普遍适用的“魔药”并不存在。正如短期波动可能是在不同时间点由不同事件引发,长期发展水平和增长率差异也可以在不同背景下给出不同解释。各个国家的增长差异之谜或许永远不能得到完全的解答,但与 20 世纪 90 年代早期相比,如今的认识已丰富得多。

本文的结构安排。由于两位获奖人的研究都是从新古典增长模型出发,本文第 2 节将简要回顾该模型的原始版本,以及在今天的宏观经济学研究中占据重要地位的储蓄理论。在此共同背景下,第 3 节将介绍罗默把新技术创意的生产纳入内生分析的贡献,第 4 节介绍诺德豪斯把增长和自然科学的机制纳入综合评估模型的贡献,第 5 节是总结。

2. 索罗的新古典增长模型

宏观经济学研究涉及四个关键部分:(1)资源约束条件,与国民账户体系密切相关,产出(GDP)配置到不同的用途,尤其是消费和投资;(2)生产函数,描述 GDP 如何用基本决定要素(资本和劳动)生产出来;(3)描述资本积累的公式;(4)确定将多少 GDP 用于投资(即资本积累)。本节将首先介绍这四个部分。罗默与诺德豪斯还使用过储蓄行为不符合索洛描述的其他模型,该模型将在随后予以介绍。

2.1 增长模型

索洛模型(Solow, 1956; Swan, 1956)通过对资源约束的界定,严格依照国民收入和产出核算体系展开分析。该模型假设经济体中只有一种产品,由此追踪这种产品的生产和使用随时间的变化。该模型在多个方向上得到了拓展(允许有不同类型的产品、不同类型的资本,等等),总体来说,其主要结论在这些拓展下依然可以成立。这里将集中介绍该模型的基础版本,部分是为了简化,部分是因为罗默与诺德豪斯都采用了基础版本设定的条件。

资源约束。在 t 年的资源约束条件为:

$$c_t + i_t = y_t,$$

其中, c 代表消费, i 代表投资, y 代表产出。这一约束条件简要地指出 GDP

的支出包含两个部分。这里我们同样将这一条件视为只包含单一产品的经济体的会计恒等式，生产的产品要么用于投资，要么用于消费。国民账户还包括其他部分：政府支出与净出口。政府支出可以理解为已纳入消费和投资之中。净出口在包含多个经济体的国际场景下会造成影响，但索洛考虑的是“封闭”经济的情形，不与外界发生联系。考虑到今天的期内和跨期国际贸易规模，索洛设定的情形看似完全不适合用来模拟各国经济。然而，在诺德豪斯的研究中，采用索洛模型却是很自然的第一步，因为他把全球作为一个整体加以研究。我们同样可以认为，罗默的研究也特别适用于全球议题的分析。

生产函数。假设该单一产品的生产符合资本和劳动投入的一个总生产函数：

$$y_t = F(k_t, l_t, t),$$

其中， k 代表资本投入， l 代表劳动投入，第三个自变量 t 是时间，代表生产可能性随时间变化，尤其是技术变革带来的改进。该生产函数对资本和劳动严格递增： $F_k > 0$ ； $F_l > 0$ 。每个要素的边际产出都递减： $F_{kk} < 0$ ； $F_{ll} < 0$ 。另外该生产函数对资本和劳动保持规模收益不变，即如果 k 和 l 乘以相同系数 λ ，则产出变化也是乘以 λ 。最后，索洛假设生产可能性的改进是通过劳动增强型 (labor-augmenting) 技术变革实现的，即：

$$F(k_t, l_t, t) = F(k_t, (1 + \gamma)^t l_t),$$

其中 $\gamma > 0$ ，代表技术进步的外生速率。

资本积累和不变储蓄。资本积累的公式很直观：

$$k_{t+1} = (1 - \delta) k_t + i_t,$$

其中， k 是资本存量， δ 是该存量的年物质折旧率。

我们最终还需要一个决定投资率或储蓄率的假设。索洛模型假设： $i_t = sy_t$ ，其中， s 是外生决定的不变储蓄率。另外，假设人口增长保持固定速率。由以上各假设可以推导出，模型将渐进地实现平衡增长，即 c 、 y 、 k 的增长率趋近于一个共同的数值。^① 在人口不变的情形下，这一共同增长率为 γ 。也就是说，如果劳动增强型技术的存量以外生速率 γ 增长，各种宏观经济变量在长

① 为实现该结果， F_k 必须在 k 值较低时足够高，在 k 值较高时足够低。

期中也会维持这个增长率。^①

2.2 储蓄和模型的解

经济学中的核心储蓄模型假设，消费者以前瞻性的理性态度储蓄。如今的很多宏观经济学研究也采用该方法，不过对消费行为的描述则有多种做法。^②一种做法涉及居民消费异质性的差异程度；另一种做法涉及人们对时间因素和子孙后代的偏好程度。我们将采用罗默与诺德豪斯在其模型中的假设，这也是最常见的办法，即把总消费理解为“代表性消费者”的决策，代表性消费者的行为类似于世代传承的家族王朝：他们重视后代的福利，而且行为方式与后代对待他们自己的福利一样。当然，采纳其他假设也是可行的，并不会从根本上改变模型的分析。下面做详细阐述。

最优储蓄水平。由索洛开创的后续研究从消费者福利最大化角度探讨最优储蓄选择。如上文所述，我们可以分析一个家族树（王朝）的情形，用 c_t 代表该家族（包含其中的不同成员）在时间 t 的消费。该家族的效用函数为：

$$\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t),$$

其中， u 是递增且严格为凹的幂函数。^③ 假设贴现率 β 小于 1，代表本人及其后代的未来效用以固定的年速率降权计算。在家族王朝的情形下，可以把 $\beta < 1$ 解释为缺乏耐心，即当前效用获得的权重高于未来效用，以及当代家族成员给自己的效用权重高于给未来世代的效用权重。

可以证明，如果选择满足资源约束和资本积累公式的最优消费、投资、资本和产出序列，则 c 、 y 和 k 的增长率将收敛于 γ ；此时消费率 $s_t \equiv 1 - c_t/y_t$ 内生决定并与时间相关，也将收敛于一个常数。或者说，索洛关于储蓄率不变的假设是从效用最大化推导出来的，因此索洛模型的最优化问题也就经常被称为

① 美国历史上长期保持了每年 2% 左右的稳定而平衡的增长率，这个结论非常符合美国的实际观测数据。全球范围没有可靠数据做长期时间序列检验，但现有数据基本上也符合美国的情形。

② 有关背景介绍，可参阅 Royal Swedish Academy of Sciences (2004)。

③ 这样的效用函数形式，如对于 $\sigma > 0$ 的 $\frac{c^{1-\sigma}-1}{1-\sigma}$ ($\sigma = 1$ 的情形可以解释为 $\log c$)，使得消费者严格喜好数量更多的消费，此外还假设消费者对每个新增消费单位的喜好递减，即边际效用 u_c 下降。