

技术选择、基础设施与要素约束： 林均衡及其政策含义

张博¹

摘要： 本文立足于中国改革开放以来的经济发展实践——特别是“先引进、后自主创新”和重视基础设施建设的经验——并本着新结构经济学的思想，将基础设施正外部性、技术选择以及要素禀赋对生产的约束纳入到一个统一的一般均衡框架之中，提出了“林均衡”的概念。该均衡的存在性并不依赖于技术凸性。尤其在规模报酬递增的情形下，传统的瓦尔拉斯均衡可能不存在，而林均衡存在，从而拓展了一般均衡分析的视野。由于外部性的存在，林均衡通常并非帕累托有效。为矫正这一市场失灵，本文进一步探讨了新结构经济学所倡导的“有为政府”的三种机制，并提出相应的均衡概念——庇古-林均衡、科斯-林均衡与瓦尔拉斯-林均衡：前两者虽能部分消除市场失灵，但往往伴随均衡不确定性；而后者通过赋予企业对基础设施的显性需求决策权并据此付费，在较大程度上同时实现了效率与确定性。在政策层面，本文还讨论了三种机制的可实施性。一个简单模型的比较静态分析表明：随着资本积累，要素禀赋结构和比较优势随之内生变化，在“有为政府”的推动下，基础设施水平内生提升、可选技术集合扩大、社会福利随之上升，从而揭示了林均衡的内在机制及其政策含义。

关键词： 技术选择；基础设施；要素禀赋；林均衡

¹北京大学经济学院, email:bozhang@pku.edu.cn. 作者感谢林毅夫教授的宝贵建议, 并感谢北京大学数量经济与数理金融教育部重点实验室以及国家社科专项基金(72141301)的支持。

1 引言

林毅夫教授倡导的新结构经济学强调：一个经济体在任一发展阶段的劳动力、资本、土地等三个核心生产要素的禀赋结构内生决定此阶段具有潜在比较优势的产业和产业所用技术，从而决定了其应然的生产结构，以及应然的人力资本的配置，应然的基础设施和制度结构；随着经济的发展，资本逐渐积累，要素禀赋结构内生演进，比较优势随之迁移，产业与技术也应随之升级²。这一“要素禀赋—比较优势—技术/产业”的三联动，构成了新结构经济学叙事的起点。其中，技术选择³是新结构经济学所关注的重要问题之一，它关系到整个经济生产结构的形成。

技术选择从来不是在真空中进行：任何可行技术都需要有与之相容的软硬基础设施（交通、能源、通信、数据与标准、金融与法治、产业服务与园区等）作为实施前提。硬基础设施影响物理交易成本与扩张边界，软基础设施决定制度性交易成本与协同效率；二者共同塑造了企业的成本曲线与市场规模，从而决定某类技术/产业是否能在本地“跑得起来”。因此，任何技术的可实施性受全社会要素禀赋结构（资本、劳动力、土地/资源）的内生约束；同时，技术采用是对基础设施与制度供给的响应，不是孤立的工程选择。企业是否采用某项技术，取决于与之相配的软硬基础设施，而这些基础设施具有公共品或俱乐部品属性，直接进入生产函数并形成正外部性；同时，任何技术的可实施性又受全社会要素禀赋结构（资本、劳动力、土地/资源）的内生约束。换言之，“基础设施—技术—要素禀赋”的相容性是决定一个经济体生产结构、效率与福利的核心约束。由于基础设施具有公共品属性和外部性特征，而外部性的存在会导致市场失灵而引发效率损失，为矫正这一市场失灵，就需要政府干预。

由此，新结构经济学主张把“有效市场”与“有为政府”结合起来：市场在价格发现与资源配置中居于核心，但在存在信息外部性（先行者试错产生的可学习信息）、网络/协调外部性（产业链条与集聚对同时到位的依赖）、以及公共品供给不充分等情形下，单靠价格信号难以及时克服“起步—扩散”的瓶颈。政府的恰当角色并非“越位替代”，而是识别并促进与本国潜在比较优势相匹配的产业与技术，提供或撮合相应的软硬基础设施与制度性公共品，降

² 见林毅夫(2011)，Lin (2012)，林毅夫，付才辉(2022)，以及Jiang et al. (2025)。

³ 为了简化讨论，用生产产品的技术的选择来泛指产业和产业所用技术的选择。

低先行者风险与全社会转型成本，使产业升级与技术选择顺势而为、事半功倍（方法论上可用“成长识别与促进”的程序化思路来操作⁴）。

这一思想体系有三层可操作含义：其一，禀赋导向的技术选择——在给定禀赋与相对价格下选取成本最小、可扩展的工艺与组织形式；其二，基础设施与制度的针对性供给——以产业链关键瓶颈为对象配置公共品与准公共品，优先在可验证的产业场景中实现（如园区/集群、专业化服务平台、数据与标准等）；其三，动态兼容——随着物质资本与人力资本的积累，比较优势与可选技术集内生扩展，政策工具亦应由“点状促进”过渡到“规则性供给”，以防路径依赖与资源错配。

本文正是沿着这一路线，把“要素禀赋—技术选择—基础设施/制度供给”的相容性要求，从理念层面下沉到可做严密逻辑推演的一般均衡框架之中：将基础设施视为（准）公共品纳入到企业技术，以彰显其外部性效应；将企业的可选技术集内生地关联到基础设施；将整个经济的要素禀赋（除去基础设施建设所占用部分）内生地化为企业生产的基本要素约束。

更具体地，本文提出一个新的均衡概念。为行文方便起见，我们称之为“林均衡”。其要点是把以下三类因素统一纳入到一个均衡的概念里来：第一，要素禀赋约束。将要素禀赋做为企业生产的显性约束，而对生产技术没有凸性要求。第二，基础设施。把基础设施作为公共品显性地嵌入企业技术选择，以彰显其正外部性。第三，技术选择。可选技术集本身依赖于基础设施的完善程度。基础设施越完善，可选技术集越大。

我们知道，在经典的阿罗-德布鲁一般均衡理论中，通常假设生产技术给定（无技术选择问题）且满足凸性，企业决策时不考虑要素禀赋约束，市场完全竞争，无外部性或公共品，信息完全且无交易摩擦，等。即使到后来发展出的Lindahl均衡，考虑了公共品，但公共品对企业生产也不产生影响而只对个人福祉产生影响。因此，“林均衡”这一概念扩大了均衡分析的视野，可使得我们能够在一个统一平台上对在技术非凸或规模报酬递增情形下的公共品生产的去中心化，技术选择以及要素禀赋约束等问题展开讨论。

为处理由基础设施带来的外部性问题，本文还进一步讨论“有为政府”的三种政策工具，并引入相应的均衡概念：（i）庇古-林均衡：对公共品的使用或生产征税；（ii）科斯-林均衡：明晰公共品产权并建立相应的产权交易市

⁴见Lin (2017)以及Lin and Monga (2011)。

场；（iii）瓦尔拉斯 - 林均衡：赋予企业对公共品的显性需求决策权并据此付费，从源头上消除“免费使用”的外部性。这三种均衡在存在性、唯一性和有效性上表现各异。

“林均衡”这一概念，是对中国发展经验的系统提炼：从“要致富，先修路”的基础设施优先（亦即被俗称为“基建狂魔”的大规模投入），到以劳动密集型产业率先起步、在技术上先行跟随发达国家，继而逐步升级为资本密集型产业，大力发展高端制造业和高端服务业，同时由“引进—消化—吸收”稳步转向“自主创新”。在规范性方面，“林均衡”以新古典经济学的语言，引进新结构经济学理论体系的元点，即要素禀赋及其结构的物资约束对生产结构、基础设施结构的内生影响，来拓展经典的阿罗-德布鲁一般均衡理论，使得源自中国的经济现象得到一个稳固的合乎逻辑的微观基础。因而，“林均衡”既扎根中国经验，又符合现代经济学规范，是基于中国实践的自主理论创新的一个新概念。

文章结构如下：第二节给出文献综述；第三节给出林均衡的经济环境与严格定义，提出为解决外部性问题而构建的庇古 - 林均衡、科斯 - 林均衡以及瓦尔拉斯 - 林均衡，并比较它们的性质；第四节通过一个简单模型，展示这几类均衡的机制差异，并做比较静态分析，揭示出要素禀赋结构对经济的影响；第五节讨论罗宾逊经济以展示通常的瓦尔拉斯均衡和林均衡的区别；第六节总结全文并提出若干开放问题。

2 文献综述

本节将依次回顾技术选择、基础设施及其外部性与要素禀赋约束的相关研究，梳理其发展脉络并指出其不足。

2.1 技术选择

所谓技术选择，是指在特定环境下，经济主体在既定技术集中根据自身需要进行选择的行为，而非创造或发明新技术（即技术创新）。从微观层面看，任何企业都面临技术选择问题；从发展视角看，技术选择对发展中国家尤为重要，因为它们主要是在发达国家已经创造的技术中进行选择，而非自主创新。

不同的技术选择蕴含着不同的生产方式（包括生产结构），进而对应着不同的经济发展模式。

关于技术选择的早期研究，可追溯至二十世纪五六十年代的Dobb（1960）和Sen（1959, 1960）。他们从动态发展的视角来看待技术选择问题，认为技术选择应在当期消费（或就业）与长期资本积累和增长潜力之间寻求平衡，而不能仅依据当期的要素禀赋结构作出决策。在他们看来，一个资本稀缺、劳动力丰富的经济体并不必然应采用劳动密集型技术，因为那样可能会导致过度消费、抑制资本形成，从而削弱长期增长。Dobb（1960）还指出，资本积累具有显著的社会外部性，市场机制难以自发实现其最优水平，因此需要政府在资源配置与投资方向上发挥引导作用。后来文献常将他们的这一思想合称为Dobb - Sen模型。Dobb（1960）并无数理模型，而Sen（1960）则具体构建了一个两部门经济的动态模型：消费品部门与资本品部门，前者拥有两种可选技术——劳动密集型与资本密集型，后者则采用唯一的资本密集技术，三种技术均为Leontief技术。该模型表明，社会最优的技术选择取决于各技术之间的资本-劳动比的关系，而非当期的要素禀赋。

而某种意义上，Schumacher（1973）提出的“适宜技术”思想则相反，强调技术选择应与一国的要素禀赋相适应。他主张发展中国家应考虑劳动力相对充裕、资本相对稀缺的特征，选择劳动密集型或“中间技术”，而非简单模仿发达国家的资本密集型技术。但这只是一些朴素的思想，并未形成严格的经济学分析框架（Willoughby, 1990）。“适宜技术”思想后来发展成一个社会运动。它可被理解为在满足目标的前提下采用最简水平的技术，兼顾社会与环境后果，其核心精神在于稳健与可持续生活。

Basu and Weil（1998）首次为“适宜技术”思想构建了数理模型：一个静态的两国开放经济模型，引入“技术菜单”（technology menu）的概念，即技术选择集，分析基于要素禀赋结构（资本 - 劳动比）的技术选择问题。结果表明：不同发展阶段的国家会选择不同要素密集度的技术，这种差异是内生均衡的结果；即使面临相同的技术选择机会，也会形成跨国分化。（其底层逻辑与贸易理论中的H-O模型类似，要素禀赋决定比较优势和技术选择。）

Caselli and Coleman（2006）仍属于“适宜技术”这一学脉，从人力资本结构角度研究技术选择。劳动力被划分为熟练（skilled）与非熟练（unskilled）两类。由于不同技术对劳动力技能的需求不同，面对开放的世界技术前沿，不

同人力资本结构的国家将选择不同的技术。Umezuki and Yokoo (2019) 构建了一个OLG模型，考虑了技术转换的成本与不可逆性，结果表明，在经济发展过程中，每次技术升级的必要条件是资本存量跨越相应门槛，经济因而呈现增长-停滞周期：资本积累阶段为增长期；达到门槛并技术升级后因转换成本导致短暂停滞；技术扩散后再度积累进入下一轮增长期。资本积累由此序贯跨越不同门槛、推动技术切换，在无外生冲击下形成内生的增长周期。该结果说明，技术升级并非连续平滑的过程，而是与资本深化同步的阶段性的跃迁。

而属于新结构经济学的Lin et al. (2023) 建立了一个包含技术选择的连续时间多部门内生增长模型，指出在经济发展的任何阶段，技术选择都应与当时的要素禀赋结构相匹配。每个阶段都有主导产业，且随着资本积累，主导产业向资本密集方向移动，因此经济增长并非平衡增长。Zhang (2025) 考察了多部门Cobb - Douglas技术选择问题，其中TFP与资本份额均可变，再次证明技术选择应与要素禀赋结构相适应，并且随着资本积累，各产业的技术升级是序贯发生的。

与“适宜技术”文献从要素禀赋出发不同，Bencivenga et al. (1995) 从制度因素角度研究技术选择。他们建立一个连续时间的内生增长模型，企业在两种技术之间选择：技术A无需金融中介、效率低；技术B依赖金融中介、效率高但需支付交易成本。技术选择因此取决于金融市场结构与交易安排，而非要素禀赋。这表明金融制度不仅影响资本积累速度，也影响技术选择与经济结构转型。

还有研究分析市场垄断性和可选技术集的特征对技术选择的作用。如，Growiec (2013) 建立了一个静态的垄断竞争均衡模型，从微观层面分析企业在资本增强型与劳动增强型技术之间的选择，说明技术选择是对要素价格的内生响应。Growiec (2018) 在生产理论层面研究了在一般情形下，资本-劳动两要素的要素增强型技术集所能形成的全局生产函数的形式。León-Ledesma and Satchi (2019) 虽然题目中包含“适宜技术”，但与六十年代以来的“适宜技术”理论并无关联。文章不考察要素禀赋结构对技术选择的影响，而研究技术前沿的形状对技术选择的影响。在一类特定的技术集之下，他们指出短期与长期的资本-劳动替代弹性不同；当存在技术转换成本时，长期弹性高于短期弹性。特别地，当技术前沿为对数线性时，长期生产函数呈Cobb - Douglas形式，而短期表现出强互补性。

综合来看，影响技术选择的因素包括要素禀赋结构、技术集特征、制度安排、市场结构、偏好及基础设施等。不同研究聚焦于不同的侧面：Sen（1960）、Growiec（2018）与León-Ledesma and Satchi（2019）强调技术集的特征；Bencivenga et al.（1995）重视制度因素；Growiec（2013）聚焦市场结构；Basu and Weil（1998）、Caselli and Coleman（2006）、Umezuki and Yokoo（2019）、Lin et al.（2023）与Zhang（2025）关注要素禀赋及其演化。Zhang（2025）甚至指出，在特定条件下，技术选择可独立于要素禀赋，仅由偏好与技术集决定。此外，关于绿色技术选择（Sengupta（2015）；Drake et al.（2016）；Dhami and Zeppini（2025））与生产网络下的技术选择（Acemoglu and Azar（2020）；Kopytov et al.（2024）；Vijai（2021））等研究，拓展了这一主题

的边界。总体而言，在技术选择方面，Dobb-Sen模型和“适宜技术”思想是两个具有里程碑意义的思想流派，其他多数研究皆可视为其派生研究。虽然Dobb - Sen模型强调资本积累的长期意义，但忽视了要素禀赋约束在技术选择中的基础性作用；而“适宜技术”理论更符合发展实践，如东亚四小龙从劳动密集向资本密集的演进过程。

而新结构经济学与这些流派的分歧在于新结构经济学认为，要素禀赋结构是“第一因”，具有决定性作用，制度与市场结构等均可视为其派生变量。新结构经济学在此基础上进一步综合两者，既强调要素禀赋与技术选择的匹配，同时又重视通过资本积累推动禀赋结构和比较优势的变化和产业升级，以及通过基础设施建设释放发展潜力。

2.2 基础设施

基础设施是经济运行与社会发展的重要支撑因素，对生产效率、资源配置与社会福祉都具有深刻影响。基础设施长期以来被视为推动经济增长的关键因素（Aschauer（1989），Barro（1990））。基础设施具有公共品属性和外部性特征，它不仅影响企业和产业的生产成本结构，也决定经济体的技术选择边界与产业升级路径（Barro（1990）；Straub（2011））。不同类型的基础设施具有不同程度的公共品属性，可划分为纯公共品、准公共品和俱乐部产品等类别（Jiang et al.（2025））。

关于公共品，Samuelson (1954) 提出了有效供给的Samuelson条件。Lindahl (1958) 提出通过个性化定价实现公共品有效供给的理想途径。

关于正外部性，在经济增长文献中已有很多研究。Romer (1986, 1990) 强调知识外溢形成正外部性，Lucas (1988) 和Xie (1994)揭示人力资本积累的学习效应属于外部性机制，Arrow (1962) 的“干中学”模型首次提出生产经验可以通过外溢提升行业整体技术水平。但这些文献同时指出，正外部性亦可导致市场失灵，进而引发效率损失。

需要解释的是基础设施对推动经济发展的正向作用与由其正外部性所导致的市场失灵进而引发效率损失并不矛盾。因为前者指的是相对于较差的基础设施而言，“横向比较”，较好的基础设施对经济发展有正向作用。而后者指的是外部性的存在，使得市场未能充分识别其社会价值，进而导致基础设施供给偏离社会最优水平，从而引致资源错配，效率损失。这就是市场失灵。基础设施具有双向偏离风险：在私人投资者无法内部化外溢收益时，基础设施投资可能不足；而在借助公共预算或金融杠杆推动的情形下，又可能因未考虑其社会机会成本而被过度供给。

外部性导致市场失灵，包括负外部性和正外部性，都需要政策工具加以矫正。Pigou (1920) 提出通过庇古税应对外部性问题；Coase (1960)提出通过清晰界定产权实现外部性内部化，并引出了著名的科斯定理。但Weitzman (1974)指出，在不确定性情形下，价格工具与数量工具的效果取决于边际成本与收益曲线的相对斜率。Sandmo (1975)首次将外部性矫正纳入一般均衡框架，为后续研究奠定重要基础。Anderson et al. (2025)拓展了Sandmo (1975)，在存在消费外部性而非生产外部性的情形下，证明了两种外部性矫正机制之下的均衡存在性和受限有效性，并指明一般而言两种机制并不等价。

Jiang et al. (2025)，基于新结构经济学的思想，提出的“基础设施阶段适配论”，认为基础设施与经济发展阶段的要素禀赋结构相匹配，供给过低和过高都是不适当的。在低收入阶段，交通、水利等硬基础设施是发展瓶颈，需政府主导突破基础设施欠账问题；在中等收入阶段，数字基础设施与物流网络成为产业升级需求，应引入私人资本参与供给；在高收入阶段，基础设施的重点转向区域协调与创新支撑，强调基础设施与技术体系、生产组织方式的协同。该论点突出了基础设施作为技术选择集扩展器的作用。

2.3 要素禀赋约束

要素禀赋约束属于数量约束的一种。在上世纪五六十年代，Arrow and Debreu(1954)，Debreu(1959)，Arrow(1964)等完成了经典瓦尔拉斯均衡理论。在这一框架下，所有调整都通过完全灵活的价格机制来实现，经济主体未受到任何数量约束，且所有市场出清。然而，在现实经济中，价格与工资往往存在刚性，失业现象普遍存在，而大多数调整是通过实际收入、有效供给或需求等数量变量的变化实现的，而非价格变化。自二十世纪七十年代起，非瓦尔拉斯均衡理论逐渐发展出来。

Drèze (1975) 在纯交换经济的框架下提出了一种受限均衡 (constrained equilibrium) 的概念。当部分价格存在上、下限约束而无法自由调整时，市场的出清必须通过数量约束 (配给) 来实现。其价格 - 数量联动规则是：当价格达到上限时，需求方受限——买方被配给；当价格达到下限时，供给方受限——卖方被配给。该假设反映了现实中的价格刚性。此后，Dehez and Drèze (1984) 将这一思想推广到生产经济。后人称此均衡为Drèze均衡。

而Bénassy (1982)，更进一步地，对于生产经济，通过引入配给函数，构建了一个跨市场联动的配给体系，其中每个市场的实际交易量由价格与超额需求共同决定，一般遵循所谓的“min 条件” (交易量取供给与需求的最小值)，并提出相应的均衡概念，(也是一种受限均衡)，被后人称做Bénassy均衡。相比之下，Drèze均衡侧重于表达价格刚性；而Bénassy均衡则以配给函数刻画市场调整过程，强调数量约束在市场间传播与有效需求形成的机制。

这一类受限均衡的共同目标是在保持个体理性与市场一致性的前提下，刻画当价格无法自由调整时经济如何实现暂时均衡。当价格因制度、信息或契约等因素而存在刚性时，市场无法依靠价格信号即时实现供求出清，交易量必须通过数量调整来协调。消费者与企业均在由可实现数量或配给额度限定的可行集中实现效用或利润最大化，而市场的实际交易量由供给与需求的“短边”所决定。数量约束因此成为价格机制失灵时的“第二调节机制”，保证经济在非出清条件下仍能保持内部一致与暂时稳定，揭示了现实中普遍存在的失衡、配给与就业不足现象。由此形成的受限均衡理论把价格刚性与数量约束有机结合在一般均衡框架之中，为解释失业、需求不足与产能闲置等宏观非出清现象提供

了统一的微观基础。

此后，受限均衡理论在多个层面上得到拓展与深化（Herings(1998), Gilbert and Klemperer（2000），Bénassy（2006），Herings(2009), Michailat and Saez（2015））。Plassard and Renault（2023）对“配给一般均衡模型”（general equilibrium models with rationing）进行了系统的历史回顾与方法论评析，明确了这一传统在欧洲经济学界的延续脉络，并指出其在当代研究中对解释价格刚性、市场不完全与宏观波动的独特价值。

而新结构经济学所关注的约束则来自另一种视角，即整个经济的要素禀赋对企业生产的约束。企业在制定生产决策时，除价格信号外，也会关注生产要素的可得性。在经典的完全竞争的瓦尔拉斯一般均衡框架中，企业只关注价格系统，并假设可以无限量地按市场价格购买任何要素。但现实中并非如此。在现实经济里：企业在采购原材料、雇佣劳动力或申请贷款时，要素市场往往是容量有限的；企业常常能够感知市场的总体紧张程度，例如“劳动力短缺”“信贷收紧”“能源限供”等；因此，在制定生产计划时，它们不会假设要素供应是无限的，而是会在预期可得的要素范围内做安排。

在多数发展中经济体中，企业对要素可得性的感知不是抽象的，而是制度化的现实约束。例如：政府或银行会对企业设定信贷额度（credit ceilings）；能源、土地或进口设备往往需要审批与指标分配；劳动力市场可能出现行政性限制（如招工配额、地区流动约束）。在这些情形下，企业实际上知道：自己能获得的要素投入上限取决于整个社会可供资源的分配状况。这种信息在企业层面是可观测、可预期的。因此企业的生产计划问题必然会在“要素可得性约束”下展开。这在中国改革开放初期尤其明显：“信贷计划”“能源定量供应”“钢铁配额”等制度都使得企业面对显性要素约束。而即便在市场化之后，企业仍需在融资约束、土地供应约束等条件下做决策，这种约束性仍然存在，只是形式不同。

更具体地说，在经济发展过程中，基础设施建设往往先行，而基础设施建设本身会占用一定数量的要素资源（资本、劳动力与土地）。生产企业会普遍意识到这一点，从而在其决策中，将总要素可得性中被基础设施“预先占用”的部分除去。

概括地讲，企业的“要素禀赋约束”意识反映的是企业对总体资源可得性形成的理性预期与行为反应，它将宏观的要素稀缺性（基础设施占先）

通过市场容量约束转化为微观层面的优化条件。新结构经济学的这一思想与Bénassy - Drèze的数量约束是有区别的，但都是对经典的瓦尔拉斯均衡理论的新发展。本文首次提出这一约束并加以系统研究。

此外，还需强调的一点是，在上述Drèze-Bénassy传统下的研究中，关于均衡的存在性，大多数研究还都离不开技术凸性的假设。而对于具有非凸或规模报酬递增技术的经济，经典的瓦尔拉斯竞争均衡通常不存在，而Drèze-Bénassy传统下的受限均衡也不能保证存在。对于非凸技术，学者们提出了其他的修正的方法，如边际成本定价均衡（MCP equilibrium）、平均成本定价均衡（ACP equilibrium）、近似均衡（approximate equilibrium）、准均衡（quasi-equilibrium）等⁵。在这类非凸（或规模报酬递增）经济中，竞争机制本身无法保持自我一致性，因此许多修正后的均衡概念（如MCP、ACP或伪均衡等）均隐含着或显性地需要政府介入——通过税收、补贴、转移支付或制度性定价等方式，以维持资源配置的可行性与预算平衡。本文提出的“林均衡”是另一种修正（如前所述，它具有现实基础），其中某些机制同样需要政府的适度介入，可视为对非凸技术下的均衡修正的新尝试⁶。

综上所述，现有文献分别从不同角度探讨了技术选择、基础设施外部性与数量约束三类问题，但这些研究大多各自为政，缺乏在统一的一般均衡框架下的系统整合。技术选择文献强调生产结构与要素禀赋的适配关系，却通常将基础设施及其外部性视为外生条件；基础设施研究揭示了公共资本对生产率和增长的外部效应，但往往忽略了技术结构与产业布局的内生响应；而数量约束理论虽然刻画了要素稀缺条件下的生产可行域，却未同时考虑基础设施所带来的生产性外部性及其对技术选择的影响。换言之，现有研究多聚焦于发展过程的单一维度，缺乏能同时刻画“技术—基础设施—要素约束”三者互动的总体均衡框架。

从发展经济学的角度看，这三者相互联系、密不可分：技术选择决定了生产方式与产业结构，是经济增长路径的内核；基础设施建设塑造了生产网络的空间与外部性范围，是技术应用与扩散的物质载体；而要素禀赋约束界定了所有生产活动的边界条件，决定了可行技术与基础设施投资的方向。如果将三者

⁵见Brown (1991), Quinzii (1992), Mas-Colell et al. (1995)。

⁶值得注意的是，这类修正均衡往往呈现多重均衡性，从而伴随不确定性（indeterminacy）。如何克服这一不确定性，需要做更深入的研究。

割裂开来，就无法解释现实经济中常见的结构性现象——例如，为何一些经济体在大规模基础设施投资后仍陷入低效积累，或为何技术升级未能带来持续增长。只有在一个统一的一般均衡框架中，将技术选择的内生性、基础设施的外部性与要素禀赋的约束性并置，才能完整揭示经济结构演化与资源配置效率的内在机制。

因此，下一节将提出“林均衡”的概念，作为对上述分裂研究的系统回应。林均衡试图在同一分析框架中同时引入技术选择、基础设施外部性与要素禀赋约束三大要素，从而刻画发展中经济体在资源约束与结构转型并存条件下的均衡机制，为理解不同发展阶段的最优结构选择与政策作用提供统一的理论分析框架。

3 林均衡的概念

本节把基础设施、技术选择与要素禀赋约束三要素纳入一个统一的一般均衡框架加以讨论。就基础设施的处理，存在两种典型做法：其一，让企业免费使用基础设施。此时基础设施作为生产性公共投入进入企业技术却未被定价，由此产生对生产的正外部性，竞争均衡即便存在也一般非帕累托有效，并可能伴随多均衡与不确定性；其二，让企业付费使用基础设施，或更直接购买其服务。鉴于基础设施具有公共品/俱乐部品属性，理论上应采用林达尔式个性化定价或等价的个体化分摊机制来反映边际社会产出；在理想条件下，这样做能够使得外部性内部化并恢复效率。

然而，基础设施不仅包括道路、能源、通信等硬件，也包括规则体系、法治、标准、数据共享等软件/制度性供给。前者虽可通过计量与准排他性收费，但常受计量成本与拥挤特征约束；后者往往难以排他或按边际使用计费。同时，出于促进增长与投资的政策目标的实现，政府常以补贴或零价格供给基础设施来激励企业采用新技术与扩大产出。因此，尽管“免费使用”可能带来无效率，它在很多情形下仍是现实可行的政策基准，随后需要配套的矫正机制来弥补由此产生的效率损失。

据此，本文采取两步法：首先在免费供给的基准下，给出包含“技术选择—基础设施—要素约束”的林均衡定义，并指出其中的外部性问题；随后系统引入并比较三类可操作的外部性矫正措施：其一，庇古—林（对公共品的使用/产

出征税或补贴，以调整私人成本使其贴近社会成本）；其二，科斯 - 林（确立并分配公共品份额/权利并建立交易市场，以市场化方式内部化外部性）；其三，瓦尔拉斯 - 林（赋予企业对公共品的显性需求决策权并据此付费，从源头消除“免费使用”的外部性）。三者表现各不相同。不同类型的基础设施适合不同的政策工具：对可计量、具准排他性的硬基础设施，价格或配额机制更易实施；对制度性软基础设施，则更依赖税费、预算规则或绩效契约等间接工具。

下面，我们就来构建数理模型。先给出一个抽象的经济体，然后在其中来定义林均衡。

记 \mathbb{N} 为自然数之集。给定 $\kappa, \ell, n, m \in \mathbb{N}$ 。考虑一个经济体

$$\mathcal{E} = \{I, J, \succeq, e, \mathbb{C}, Y_0, \mathcal{Y}, \theta\},$$

其中

(i) $I = \{1, \dots, n\}$ 为个人集合， $J = \{0, 1, \dots, m\}$ 为企业集合；

(ii)

$$\mathbb{C} = \prod_{i=1}^n \mathbb{C}_i,$$

而 $\mathbb{C}_i \subset \mathbb{R}_+^{\kappa+\ell}$ 为个人 i 的消费集；

(iii)

$$e = (e_1, \dots, e_n),$$

其中 $e_i \in \mathbb{R}_+^{\ell}$ 为个人 i 的禀赋（只有私人品）；

(iv)

$$\succeq = (\succeq_1, \dots, \succeq_n),$$

其中 \succeq_i 为个人 i 在其消费集 \mathbb{C}_i 上的偏好；

(v) $Y_0 \subset \mathbb{R}_+^{\kappa} \times \mathbb{R}^{\ell}$ 为企业0的生产可能性集，企业0生产公共品；

(vi)

$$\mathcal{Y} = \prod_{j=1}^m \mathcal{Y}_j,$$

而 \mathcal{Y}_j 为企业 j 的可选技术集，其每一个元素，皆为可供企业 j 选择的 $\mathbb{R}_+^{\kappa} \times \mathbb{R}^{\ell}$ 上的生产可能性集，即，对于企业0之外的每个企业，在任何一种技术中，公共品都属于投入，且每个企业都允许选择多种技术；

(v)

$$\theta = (\theta_{ij})_{n,m+1},$$

其中 θ_{ij} 为个人 i 占有的企业 j 的利润的份额, 满足 $\theta_{ij} \geq 0$, 且

$$\sum_{i=1}^n \theta_{ij} = 1, \quad \forall j \in J.$$

记经济的总禀赋为

$$e_0 = \sum_{i=1}^n e_i.$$

对于上述经济, 我们来定义几种均衡。

3.1 林均衡

假设企业0利用私人品 y_0 生产公共品(基础设施) z , 即 $(z, y_0) \in Y_0$, 其所要求的卖价为 τ_0 。企业0之外的其他企业都是被动接受并免费使用公共品。而公共品由企业0生产, 其所要求的卖价为 $\tau_0 \in \mathbb{R}_+^k$ 。另一方面, 公共品由所有个人来购买, 对于每个人 $i \in I$, 其所愿意给出的买价为 $\tau_i \in \mathbb{R}_+^k$ 。这是一种对公共品的林达尔定价方式。而私人品的市场价格为 $p \in \mathbb{R}_+^\ell$ 。

假设公共品的数量为 $z \in \mathbb{R}_+^k$ 。对于每个人 $i \in I$, 其私人品消费为 $x_i \in \mathbb{R}_+^\ell$ 。当然有 $(z, x_i) \in C_i$ 。

假设企业0之外的任何一个企业 $j \in J \setminus \{0\}$, 从它的技术集 \mathcal{Y}_j 中选择了其中的 $k_j \in \mathbb{N}$ 个技术, 其生产可能性集分别为 Y_{js} , $s = 1, \dots, k_j$ 。并分别从这些生产可能性集中确立了一系列的生产计划 $(-z, y_{js}) \in Y_{js}$, $s = 1, \dots, k_j$ 。这里, 公共品 z 对企业 j 而言是外生给定的, 它只能被动接受, z 不在它的决策范围之内, 它唯一可选的就是 y_{js} , 其私人品的投入或产出。但企业 j , 在外生给定的公共品 z 的环境下, 能选择什么样的私人品生产计划 y_{js} 呢? 这要受限于公共品 z 。这里, 企业 j 只能在由 z 支撑的私人品生产可能性集 $Y_{js}(z)$ 中来选择, 其中

$$Y_{js}(z) = \{y \in \mathbb{R}^\ell \mid (-z, y) \in \mathcal{Y}_{js}\}$$

就是集合 \mathcal{Y}_{js} 在空间 $\mathbb{R}^{\kappa+\ell}$ 上在前 κ 维坐标 $-z$ 处的截面。就是说, 要选择什么样的技术, 必须要有什么样的基础设施在支撑。换句话说, 有了一定的基础设

施，企业只能选择与之相适应的生产计划，而不能超越于这样的基础设施所允许的私人品技术选择集的范围。这个选择集会随着基础设施的变动而变动。

记

$$\tau = (\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_n), \quad x = (x_1, \dots, x_n),$$

$$y = (y_{11}, \dots, y_{1k_1}; \dots, y_{m1}, \dots, y_{mk_m}), \quad Y = (Y_{11}, \dots, Y_{1k_1}; \dots, Y_{m1}, \dots, Y_{mk_m}).$$

称 (τ, p) 为一个价格体系。而称 (z, x, y, Y) 为一个可行配置（简称配置），如果私人品超额需求非正：

$$E =: \sum_{i=1}^n (x_i - e_i) - y_0 - \sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^{k_j} y_{js} \leq 0.$$

[定义1（林均衡）]。称一个价格体系 (τ, p) 和一个配置 (z, x, y, Y) ，合记为 (τ, p, z, x, y, Y) ，为上述经济的一个林均衡，如果

(i) 对任意 $i \in I$ ，任意 $(z', x'_i) \in \mathbb{C}_i$ ，有 $(z, x_i) \succeq_i (z', x'_i)$ ，只要

$$\tau_i z' + p x'_i \leq p e_i + \theta_{i0}(p y_0 + \tau_0 z) + \sum_{j=1}^m \theta_{ij} \sum_{s=1}^{k_j} p y_{js};$$

(ii)

$$\begin{aligned} (z, y_0) &\in \arg \max_{(z', y')} p y' + \sigma_0 z' \\ \text{s.t. } &(z', y') \in Y_0, \\ &y' \leq e_0; \end{aligned}$$

(iii) 对任意的 $j \in J \setminus \{0\}$,

$$\begin{aligned} (k_j, y_{j1}, \dots, y_{jk_j}, Y_{j1}, \dots, Y_{jk_j}) &\in \arg \max_{(k, y'_{j1}, \dots, y'_{jk}, Y'_{j1}, \dots, Y'_{jk})} \sum_{s=1}^k p y'_{js} \\ \text{s.t. } &k \in \mathbb{N}, \\ &(-z, y'_{js}) \in Y'_{js}, \quad \forall s = 1, \dots, k, \\ &y'_{js} \leq e_0 - y_0, \\ &Y'_{js} \in \mathcal{Y}_j, \quad \forall s = 1, \dots, k; \end{aligned}$$

(iv)

$$\tau_0 = \sum_{i=1}^n \tau_i.$$

对于这个概念，我们做几点说明。

[注1]。关于市场出清。在上述定义中，没有要求私人品市场严格出清，而是可以自由处置。这样的均衡是一种equilibrium with free disposal。如果要求私人品市场严格出清，那么，就要再加一个条件： $E = 0$ 。这样的均衡称为equilibrium without free disposal。以下几个均衡的概念也可以这样处理⁷。

[注2]。关于技术选择。这里，为简单起见，生产公共品的企业0没有技术选择问题，它只有一个技术。而对于其他企业，存在技术选择问题。对于企业 $j \in J \setminus \{0\}$ ，允许同时选择多个技术，就等同于它有如下的“总技术”：

$$\bar{Y}_j = \sum_{Y \in \mathcal{Y}_j} Y.$$

如果只允许选择一个技术，那么，就等同于它拥有如下技术：

$$\underline{Y}_j = \bigcup_{Y \in \mathcal{Y}_j} Y.$$

当然， $\underline{Y}_j \subset \bar{Y}_j$ 。这还都是在没有基础设施约束的情形下的技术。若加上基础设施的限制，则企业 j 可得技术事实上仅是上述集合对基础设施的截口。而这一点表现的正是基础设施对生产企业的正外部性。此外，若每个 Y_j 都是凸的，则 \bar{Y}_j 也是凸的，但 \underline{Y}_j 未必凸。在上述定义中，我们允许企业选择多个技术。如果仅允许选择一个技术，那么，在(iii)企业决策问题中的约束中必须是 $k = 1$ ，进而 $k_j = 1, \forall j \in J \setminus \{0\}$ 。下面其他几种均衡的定义中，关于技术选择，也有这两种方案。

[注3]。关于生产的逻辑顺序。在我们定义的林均衡中，尽管考虑的是静态世界，但不同企业的生产还是有逻辑先后顺序的：生产公共品（基础设施）的企业先生产，它是在确切知道整个经济的要素禀赋的条件下组织生产的，所以，它的投入是被限制在 e_0 以下。而其他企业是在基础设施建设完成之后才开始生产的，而此时，生产基础设施所消耗掉的投入已经实现，其他企业也只能在剩余要素禀赋的限制之下组织生产。

[注4]。关于均衡的存在性。在林均衡中，相比于“普通”的瓦尔拉斯均衡，企业由于投入品所受到的限制因此决策变量的选择范围变小了。林均衡

⁷也可以定义更一般的price equilibrium with transfers。（见Mas-Colell et al. (1995), pp. 546）。但由于并无本质性困难且篇幅有限，这里略去。

的存在并不要求技术凸性。其实，某种意义上说，林均衡中是把技术的凸性换成了“紧性”（投入品的选择被限制在某一个紧集中）。如[注1]中所示，可能 \bar{Y}_j 凸而 \underline{Y}_j 非凸。所以，有可能出现这样的结果：如果允许企业选择多个技术，那么，瓦尔拉斯均衡存在；如果企业只被允许选择一个技术，那么，瓦尔拉斯均衡不存在，而林均衡存在。此外，还需要特别指出的是：允许企业选择多个技术和只允许企业选择一个技术，所对应的均衡有可能是不一样的。可能一个存在，另一个不存在。即使都存在，也不一定相同。只有一个情形是例外，那就是：在允许选择多个技术的条件下，所有企业仍然是只选择了一个技术⁸。

[注5]。关于均衡的唯一性。也恰恰是由于要素禀赋限制，可能出现角点解，进而缺少了配置与价格体系之间的紧密联系，从而导致多重均衡的出现（参照下面的例1）。这样就产生了不确定性（indeterminacy）问题，进而给市场预测带来困难。

[注6]。关于均衡的有效性。由于基础设施的正外部性问题的存在，一般而言，上述的林均衡的配置不是帕累托有效的。为了消除这种市场失灵，需要政府干预。最常见的干预的手段有庇古手段和科斯手段。但我们将看到，通常，这些手段最多只能达到“部分”解决市场失灵问题的效果。我们还将讨论另一种从源头解决外部性问题的政府干预手段并分析它的可实施性。我们会引进相应的均衡的概念以刻画这类政府干预。

[注7]。关于最优生产结构。在上述大框架之下，所谓的生产结构就被各个企业所采用的具体的技术以及最终所采取的具体的生产计划所刻画。在能够构造出适当的社会福利函数的情形下，可以讨论所谓的最优生产结构问题。比如，为讨论方便起见，可以假设经济中只有一个代表性个体，那么，他的效用函数就可以看做是社会福利函数了。

[注8]。关于要素约束。关于要素约束的意义，我们首先采用一个简单例子来说明，并进一步地阐明林均衡通常存在多重均衡的根源。

[例1]。考虑一个单部门经济（无公共品，也无技术选择问题），其中只有一个代表性个人和一个代表性企业，有两种生产要素（资本和劳动力）和一种

⁸参见第5节罗宾逊经济。

消费品，并假设此人的效用函数为 $u(c) = c$ ，而生产函数为

$$Y = K^\alpha L^\beta,$$

其中 Y 为产出， K, L 分别为资本和劳动力投入，而 $\alpha > 0, \beta > 0$ 为常数。假设此人的（资本，劳动力）要素禀赋为 (K_0, L_0) ，其中 $K_0 > 0, L_0 > 0$ 。记消费品为1，而资本和劳动力价格分别为 $r \geq 0, \omega \geq 0$ 。

首先考虑瓦尔拉斯均衡。企业问题

$$\begin{aligned} \max_{(K,L)} \quad & K^\alpha L^\beta - rK - \omega L, \\ \text{s.t.} \quad & K \geq 0, L \geq 0, \end{aligned}$$

有解，当且仅当 $\alpha + \beta \leq 1$ （规模报酬不变或递减）。因此，当 $\alpha + \beta \leq 1$ 时，瓦尔拉斯均衡存在唯一（唯一性可结合市场出清条件得到）；而当 $\alpha + \beta > 1$ （规模报酬递增）时，瓦尔拉斯均衡不存在。

下面来看林均衡。企业问题为

$$\begin{aligned} \max_{(K,L)} \quad & K^\alpha L^\beta - rK - \omega L, \\ \text{s.t.} \quad & K \in [0, K_0], \quad L \in [0, L_0]. \end{aligned}$$

由于连续函数在紧集上能够达到最大值，因此，企业问题对任意的 $\alpha > 0, \beta > 0, r \geq 0, \omega \geq 0$ 皆有解。由市场出清条件可得，在林均衡之下，企业问题的解必须是 (K_0, L_0) 。由此可解出林均衡中的价格体系 (r, ω) 。最终，不难得到：在任何情形下，皆存在连续统多重林均衡。

事实上，林均衡的价格体系 $(r, \omega) \in \mathcal{P} := [0, \bar{r}] \times [0, \bar{\omega}]$ ，其中

$$\bar{r} = \min(\alpha, 1)K_0^{\alpha-1}L_0^\beta, \quad \bar{\omega} = \min(\beta, 1)K_0^\alpha L_0^{\beta-1}.$$

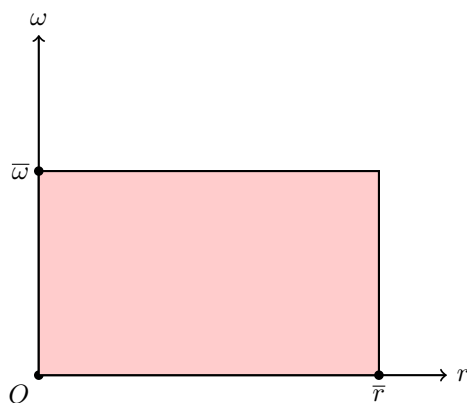


图1. \mathcal{P}

我们看到，即使是在最经典情形（规模报酬不变），瓦尔拉斯均衡存在唯一，而林均衡存在多重，瓦尔拉斯均衡和林均衡也不相同。而当在规模报酬递增时，瓦尔拉斯均衡不存在而林均衡存在并且是多重的。

因此，不能说林均衡是瓦尔拉斯均衡的拓展而只能说是一种修正，即使是在最经典情形下，林均衡也不能退化成瓦尔拉斯均衡。而在技术非凸（生产可能性集非凸）情形下，通常瓦尔拉斯均衡不存在而林均衡存在，此时，林均衡才更有意义，它拓展了均衡分析视野。

而林均衡通常存在多重均衡的根源在于：在通常的经济环境中，在市场上，调节人们行动的机制不仅仅是价格机制，还有要素约束机制。这两个机制同时作用。某种意义上说，它削弱了价格机制的功能，进而使得价格体系并不唯一而是在某一个范围内不同的价格起到的作用是相同的。这样就导致了多重均衡的产生⁹。

此外，多数Drèze-Bénassy传统下的研究，还是在技术凸性的假设下展开讨论的。而我们引进的林均衡，其存在性不依赖于技术凸性¹⁰。

⁹要素约束机制是对传统市场价格机制的“补充”甚至“干扰”，它对经济运行的效率以及社会福利的影响，还需做进一步探讨。

¹⁰可以看到，在这里，生产可能性集的“紧性”起到了重要作用。当然，我们并不是说“紧”可以完全替代“凸”。事实上，即使在经典的Arrow-Debreu的一般均衡理论中，“紧”和“凸”都是要求的，就是说，在“紧”的前提下仍然没有放弃“凸”。我们这里仅仅是举了一个例子，以说明放弃“凸”而只要求“紧”在某种情形下，林均衡依然是可能存在的。但这只是一个例子，我们并没有给出一般性的放弃“凸性”要求的关于林均衡的存在性定理。这个根本性问题需要做进一步探讨。

下面我们依次考察几种不同的政府干预措施之下的市场均衡。

3.2 庇古-林均衡

政府采用庇古手段来矫正外部性。假设政府向企业0的公共品生产征税，税率为 t ，税基为公共品数量。然后，政府将总税收一次性转移给个人，可按照预先制定的转移支付方案 $T = (T_1, \dots, T_n)$ 来分配给这些人，其中 T_i 为分配给个人 i 的额度。称 (t, T) 为一个财政安排。

[定义2（庇古-林均衡）]。称一个价格体系 (τ, p) ，一个财政安排 (t, T) 和一个配置 (z, x, y, Y) ，合记为 $(\tau, p, t, T, z, x, y, Y)$ ，为上述经济的一个庇古-林均衡，如果

(i) 对任意 $i \in I$ ，任意 $(z', x'_i) \in \mathbb{C}_i$ ，有 $(z, x_i) \succeq_i (z', x'_i)$ ，只要

$$\tau_i z' + p x'_i \leq p e_i + \theta_{i0}(p y_0 + \tau_0 z) + \sum_{j=1}^m \theta_{ij} \sum_{s=1}^{k_j} p y_{js} + T_i;$$

(ii)

$$\begin{aligned} (z, y_0) &\in \arg \max_{(z', y')} p y' + (\tau_0 - t) z' \\ \text{s.t. } &(z', y') \in Y_0, \\ &y' \leq e_0; \end{aligned}$$

(iii) 对任意的 $j \in J \setminus \{0\}$,

$$\begin{aligned} (k_j, y_{j1}, \dots, y_{jk_j}, Y_{j1}, \dots, Y_{jk_j}) &\in \arg \max_{(k, y'_{j1}, \dots, y'_{jk}, Y'_{j1}, \dots, Y'_{jk})} \sum_{s=1}^k p y'_{js} \\ \text{s.t. } &k \in \mathbb{N}, \\ &(-z, y'_{js}) \in Y'_{js}, \quad \forall s = 1, \dots, k, \\ &y'_{js} \leq e_0 - y_0, \\ &Y'_{js} \in \mathcal{Y}_j, \quad \forall s = 1, \dots, k; \end{aligned}$$

(iv)

$$\tau_0 = \sum_{i=1}^n \tau_i; \quad \sum_{i=1}^n T_i = t z.$$

之所以将这一手段称作庇古手段，那是因为这种税与庇古所提出的污染税类似，对生产这一公共品的企业征收，谁生产谁付税。只是基础设施是正的公共品（public good），而污染是负的公共品（public bad）。

不过，在上述经济的大框架之下，对企业0征税和对个人征税是等价的，是可以相互传导的。我们在下面的模型中也可以看到这一点¹¹。

3.3 科斯-林均衡

政府还可以采用科斯手段来矫正外部性。假设政府制定了一个公共品水平 $\bar{Z} \in \mathbb{R}_+^k$ ，并将其在所有企业和消费者之间进行初始分配（配额就是关于公共品的生产或消费的初始权利）。假设企业 j 所得配额为 $z_j \in \mathbb{R}_+^k$ ， $i = 0, 1, \dots, m$ ，而个人 i 所得配额为 $z_{m+i} \in \mathbb{R}_+^k$ ， $i = 1, \dots, n$ ，满足

$$\bar{Z} = \sum_{i=0}^{m+n} z_i.$$

记 $Z = (z_0, z_1, \dots, z_m, z_{m+1}, \dots, z_{m+n})$ 。然后，这些公共品权利配额还可以在公共品权利配额市场上以某一个价格 σ 交易。最终，公共品权利配额市场也必须出清。由此，可以给出相应的均衡。这就是科斯-林均衡。特别注意，这里关于公共品有两个市场：公共品市场和公共品权利配额市场。公共品权利配额市场价格是统一的 σ 。而公共品市场价格还是如前述的林达尔式的 $\tau = (\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_n)$ 。私人品价格为 p 。此时的价格体系为 (τ, σ, p) 。

[定义3（科斯-林均衡）]。一个价格体系 (τ, σ, p) ，一个公共品权利配额分配方案 Z 和一个配置 (z, x, y, Y) ，合记为 $(\tau, \sigma, p, Z, z, x, y, Y)$ ，称为上述经济的一个科斯-林均衡，如果

(i) 对任意 $i \in I$ ，任意 $(z', x'_i) \in \mathbb{C}_i$ ，有 $(z, x_i) \succeq_i (z', x'_i)$ ，只要

$$\tau_i z' + p x'_i \leq \sigma z_{m+i} + p e_i + \theta_{i0}(p y_0 + \tau_0 z - \sigma(z - z_0)) + \sum_{j=1}^m \theta_{ij} \left(\sum_{s=1}^{k_j} p y_{js} + \sigma z_j \right);$$

¹¹参见第4节。

(ii)

$$\begin{aligned}(z, y_0) &\in \arg \max_{(z', y')} py' + \tau_0 z' - \sigma(z' - z_0) \\ \text{s.t. } &(z', y') \in Y_0, \\ &y' \leq e_0;\end{aligned}$$

(iii) 对任意的 $j \in J \setminus \{0\}$,

$$\begin{aligned}(k_j, y_{j1}, \dots, y_{jk_j}, Y_{j1}, \dots, Y_{jk_j}) &\in \arg \max_{(k, y'_{j1}, \dots, y'_{jk}, Y'_{j1}, \dots, Y'_{jk})} \sum_{s=1}^k py'_{js} \\ \text{s.t. } &k \in \mathbb{N}, \\ &(-z, y'_{js}) \in Y'_{js}, \quad \forall s = 1, \dots, k, \\ &y'_{js} \leq e_0 - y_0, \\ &Y'_{js} \in \mathcal{Y}_j, \quad \forall s = 1, \dots, k;\end{aligned}$$

(iv)

$$\tau_0 = \sum_{i=1}^n \tau_i; \quad z = \sum_{i=0}^{m+n} z_i.$$

3.4 瓦尔拉斯-林均衡

在以上的讨论中，企业0之外的其他企业一直是免费但被动地使用公共品（基础设施）的。这正是外部性所在。而通常的庇古手段和科斯手段对于处理这类对企业生产的外部性问题，由于可能的非凸问题的存在，不一定能够达到目的。也就是说，不一定能够消除外部性所带来的经济的效率损失。

我们来看另一种手段。这种手段是直接从源头消除外部性。那就是政府直接赋予企业0之外的其他企业有权决定自己对公共品的需求而不是被动接受，但要为此付费，而付费可采用政府征税的方式来进行。同时，政府也向个人就公共品的使用征税。然后将全部税收一次性转移支付给个人。

这就触及到了“外部性”问题的根源：所谓外部性就是一个人的行为对他人的不能被通常的市场所识别的影响，重点是这个受影响者又无法避开，是被动接受的。如果他有权有能力主动选择他受多大的“影响”，那么，这个“影响”就已经不是“外部性”了。

所以说，如果政府能够赋予企业自主决定自己愿意接受什么水平的公共品的权利并且可以切实地实施，那么，此时的公共品已经没有外部性可言了。在这之后的均衡，其有效性是可期待的。

这就回到了“原始的”、“经典的”瓦尔拉斯均衡的道路上了。区别仅在于后两个因素了：技术选择和要素约束了。也还是有林均衡的影子。所以我们将这一情形下的均衡称为瓦尔拉斯-林均衡。

只是，这里，企业0之外的其他企业安排自己的生产计划时，有一个比在前面讨论过的情形下更复杂的问题，那就是：由于企业0的生产在逻辑顺序上在先，它要消耗点一部分要素，而这一点又会对其他企业的生产产生影响，而其他企业又有自主决定自己需求的公共品的水平的权利，那么，其他企业在决策时就要先预想企业0的生产并在这此基础上安排自己的生产。最后，所有市场出清就构成均衡了。

现在，假设政府向企业0之外的每个企业 $j \in J \setminus \{0\}$ 征收公共品使用税，税率为 σ_j ；再向每个人 $i \in I$ 也征收公共品使用税，税率为 t_i 。在将全部税收按照 $T = (T_1, \dots, T_n)$ 的方式一次性分配给个人，其中 T_i 为个人 i 所得转移支付额度。记 $\sigma = (\sigma_1, \dots, \sigma_m)$ ， $t = (t_1, \dots, t_n)$ 。可以称 (σ, t, T) 为一个财政安排。

[定义4（瓦尔拉斯-林均衡）]。称一个价格体系 (τ, p) ，一个财政安排 (σ, t, T) 和一个配置 (z, x, y, Y) ，合记为 $(\tau, p, \sigma, t, T, z, x, y, Y)$ ，为上述经济的一个瓦尔拉斯-林均衡，如果

(i) 对任意 $i \in I$ ，任意 $(z', x'_i) \in \mathbb{C}_i$ ，有 $(z, x_i) \succeq_i (z', x'_i)$ ，只要

$$(\tau_i + t_i)z' + px'_i \leq pe_i + \theta_{i0}(py_0 + \tau_0 z) + \sum_{j=1}^m \theta_{ij} \left(\sum_{s=1}^{k_j} py_{js} - \sigma_j z \right) + T_i;$$

(ii)

$$\begin{aligned} (z, y_0) &\in \arg \max_{(z', y')} py' + \tau_0 z' \\ \text{s.t. } &(z', y') \in Y_0, \\ &y' \leq e_0; \end{aligned}$$

(iii) 对任意的 $j \in J \setminus \{0\}$,

$$\begin{aligned}
 (z, y_0, k_j, y_{j1}, \dots, y_{jk_j}, Y_{j1}, \dots, Y_{jk_j}) &\in \arg \max_{(z', y'_0, k, y'_{j1}, \dots, y'_{jk}, Y'_{j1}, \dots, Y'_{jk})} \sum_{s=1}^k p y'_{js} - \sigma_j z' \\
 \text{s.t. } &k \in \mathbb{N}, \\
 &(z', y'_0) \in Y_0, \\
 &(-z', y'_{js}) \in Y'_{js}, \quad \forall s = 1, \dots, k, \\
 &y'_{js} \leq e_0 - y'_0, \\
 &Y'_{js} \in \mathcal{Y}_j, \quad \forall s = 1, \dots, k;
 \end{aligned}$$

(iv)

$$\begin{aligned}
 \tau_0 &= \sum_{i=1}^n \tau_i, \\
 \sum_{i=1}^n T_i &= \left(\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{j=1}^m \sigma_j \right) z.
 \end{aligned}$$

[注9]（可实施性）。政府赋予企业或个体此类决策权，是否具备可实施性？如果所有外部性问题都能以这种方式处理，那么外部性似乎都可以被轻易消除。举例而言，假设某人受到邻近污染企业排放的影响；若他被赋予权利，可以自主选择愿意承受的污染程度，那么外部性便不再存在。然而，传统的科斯机制所赋予的，仅是一种交易性或变相的权利——即通过界定产权与补偿机制来实现资源重新配置——而非“自主选择影响程度”的权利。

形象地说，设有个体A和B。当A的行为对B造成冲击 x 时，B无法主动选择 x ，只能被动承受其后果；而政府可以通过制度安排赋予B一个“抵偿量” y ，使其得以用 y 来部分抵消 x 的影响。从某种意义上讲，这正是科斯机制的本质：它通过权利与补偿的界定，实现对外部性的事后内部化。由此可见，本文提出的科斯-林均衡与瓦尔拉斯-林均衡之间的差别，实质上正体现于这种权利赋予的性质与深度之上。

而这里讨论的瓦尔拉斯-林手段是要从源头消除外部性，将企业对公共投入的使用量/服务质量视为其可选择的决策变量，并按选择水平付费。更具体地，对可计量、可分级、可排他的公共投入（电力容量/功率质量、专线带宽/时延保障、园区公用工程接入能力、物流与通关时隙、数据与算力API、环境容量/排放配额等）实行“按量—按质—按峰谷”的菜单式定价或两部制定价。当

然，其可行性取决于：能否精细计量与核验服务水平；是否具备一定程度的排他性与可执行的合约形式；是否可防范监管套利与市场力滥用；以及如何处理公共性强、不可分割的“软基础设施”。

在实践上，一种混合策略是：对不可计量或高度公共性的设施提供基准免费/低价层，对可计量、易拥挤的服务提供差异化付费层；同时辅以份额/配额、拥堵定价、两部收费与可交易的使用权等工具，以使策略得以落地。

下面，我们用一个具体的简单模型来实际地展示出这几种均衡并讨论它们的性质。

4 模型

我们用一个具体的模型来讨论林均衡以及相应的基础设施、技术选择、要素约束等问题，并做比较静态分析来看随着要素禀赋结构的变化，基础设施如何变化，技术选择如何变迁。

4.1 经济

考虑一个经济体，其中只有一个代表性个人和两个代表性企业。企业1生产公共品，生产函数为 $z = K_1$ ，其中 z 为公共品产出， K_1 为资本投入；企业2生产消费品，而其技术可选择。其技术（生产函数）选择集为

$$\mathcal{F}_z = \{F_\theta | \theta \in [0, z]\},$$

其中 $z \geq 0$ 为公共品，而

$$F_\theta(K) = \theta K^{z+1}, \quad \forall K \geq 0. \quad (1)$$

企业2，在给定的公共品 z 的基础上，从 \mathcal{F}_z 中选择一个具体的技术：

$$y = F_\theta(K_2) = \theta K_2^{z+1},$$

其中 y 为产出， K_2 为资本要素投入，而 $\theta \in [0, z]$ 为常数。当然，企业2在任何时候都选择 $\theta = z$ 。

再假设个人的资本要素禀赋为 $K_0 > 0$ 。个人的效用函数为

$$U(z, c) = \alpha \ln z + \beta \ln c,$$

其中 z, c 为其享受的公共品和消费品，而 $\alpha, \beta \in (0, 1)$ 给定，满足 $\alpha + \beta = 1$ 。

显然，由于企业2的生产函数 $y = zK_2^{\alpha+1}$ 关于 K_2 是严格凸的，所以瓦尔拉斯均衡不存在。

此外，生产函数 $y = zK_2^{\alpha+1}$ 关于 z 并不是一直（对于任意固定的 K_2 ）是严格单调上升的，而是具有这样的性质：对于任意的 $z_2 > z_1 > 0$ ，（就是说相对而言， z_2 是高水平基础设施，或者先进的基础设施；而 z_1 是低水平的基础设施，或者落后的基础设施），存在一个要素 K_2 的门槛 $M > 0$ ，使得当 $K_2 < M$ 时， $F_{z_2}(K_2) < F_{z_1}(K_2)$ ；而当 $K_2 > M$ 时， $F_{z_2}(K_2) > F_{z_1}(K_2)$ 。这就意味着并不是在任何情形下，先进的基础设施都是好的，都能促进生产，当整个经济的资本禀赋相对匮乏时，反而是相对落后的基础社会更适合。只有当整个经济的资本禀赋积累到一定程度之后，先进的基础设施才能发挥促进经济发展的正向的作用。

当然，在现实中，在一个动态世界里，资本的积累和基础设施的建设都同时在发生，要协调起来才是恰当的。我们这里是静态模型。所以，只做了这样的简化以说明并不是在一切情形下，基础设施都是越先进越好。

4.2 林均衡

我们有如下结果：存在多重林均衡，其中消费品价格为1，公共品和资本价格为 r ，私人品、公共品和企业2的资本投入分别记为 c^* ， z^* 和 K^* ，满足

$$r \in (0, \bar{r}], \quad (2)$$

$$\alpha(K_0 - z^*)^{\alpha+1} = \beta r, \quad K^* = K_0 - z^*, \quad c^* = z^*(K_0 - z^*)^{\alpha+1}, \quad (3)$$

其中 $\bar{r} > 0$ 为常数（依赖于 α 和 K_0 ），而公共品数量可以达到区间 $[\alpha K_0, K_0)$ 中的任一点。

随着 K_0 的增加，公共品可达的区间也越向右移动，进而，对于企业2而言，技术选择集 \mathcal{F}_z 也就越大，即技术选择的范围内生地变得越来越大。

证明。记消费品的价格为1。由企业1的生产可知公共品和资本的价格相等，记为 r 。那么，企业2的问题就是给定公共品 z ，解如下问题：

$$\begin{aligned} \max_K \quad & zK^{\alpha+1} - rK \\ \text{s.t.} \quad & K \in [0, K_0 - z]. \end{aligned}$$

而个人问题为

$$\begin{aligned} \max_{(z,c)} \quad & \alpha \ln z + \beta \ln c \\ \text{s.t.} \quad & rz + c \leq I, \end{aligned}$$

其中 I 为其总收入。均衡时，成立

$$I = rK_0 + \pi,$$

其中 π 为均衡时企业2的利润。

解个人问题，可得

$$rz^* = \alpha I, \quad c^* = \beta I.$$

而

$$I = rz^* + z^*(K^*)^{z^*+1}.$$

所以，

$$\beta r = \alpha(K_0 - z^*)^{z^*+1}. \quad (4)$$

而企业2的问题的解为 $K_0 - z^*$ ，当且仅当

$$z^*(K_0 - z^*)^{z^*} \geq r. \quad (5)$$

注意到(4)，那么，(5)就等价于

$$z^* \geq \alpha K_0. \quad (6)$$

因此，均衡存在当且仅当存在 $r > 0, z^* \in (0, K_0)$ 使得(4)和(6)同时成立。再注意到函数

$$f(z) = (K_0 - z)^{z+1} \quad (7)$$

在 $z \in [0, K_0]$ 上的特性可知，存在¹² $\bar{r} > 0$ ，使得对于任意的 r 满足(2)，存在一个林均衡，且相应的 c^* ， z^* 和 K^* 满足(3)。而且，另一方面，所有林均衡皆有如此形式。其余论断显然。**证毕。**

¹²事实上，当 $K_0 \ln K_0 \leq 1$ ，或 $K_0 \ln K_0 > 1$ 且 $\alpha K_0 [\ln(\alpha K_0) + 1] \geq K_0 + 1$ 时， $\bar{r} = \alpha K_0 (\beta K_0)^{\alpha K_0}$ ；其余情形， $\bar{r} = \frac{\alpha}{\beta} x^{K_0+1-x}$ ，其中 x 满足 $x(\ln x + 1) = K_0 + 1$ 。

4.3 社会计划者问题

我们来看社会计划者问题：

$$\begin{aligned} \max \quad & \alpha \ln z + \beta \ln [z(K_0 - z)^{z+1}] \\ \text{s.t.} \quad & z \in [0, K_0]. \end{aligned}$$

它有唯一解 $z_* \in (0, K_0)$ ，满足

$$\frac{1}{\beta z_*} + \ln(K_0 - z_*) = \frac{1 + z_*}{K_0 - z_*}. \quad (8)$$

那么，社会最优的基础设施水平 z_* 应该满足(8)。

不难看出， z_* 和 $K_0 - z_*$ 以及社会福利函数的最大值都是 K_0 的严格增函数。

此外，是否成立

$$z_* \in [\alpha K_0, K_0] \quad (9)$$

呢？而(9)等价于

$$\frac{1}{\alpha} + K_0 \ln(\beta K_0) \geq \frac{\alpha}{\beta} K_0. \quad (10)$$

对于固定的 K_0 ，(10)等价于

$$\alpha \in (0, \alpha_*], \quad (11)$$

其中 $\alpha_* \in (0, 1)$ 被以下方程所唯一确定：

$$\frac{1}{\alpha_*} + K_0 \ln[(1 - \alpha_*)K_0] = \frac{\alpha_*}{1 - \alpha_*} K_0. \quad (12)$$

因此，市场只能实现 $[\alpha K_0, K_0]$ 中的公共品供给。而社会最优的公共品供给 z_* 到底能不能落到这个区间，就要看这个 α 到底有多大了，是否满足(11)。 α 太大，区间 $[\alpha K_0, K_0]$ 就会太小，就不能涵盖 z_* 了。

注意到，通过(12)，被 K_0 所唯一确定的 α_* ，我们将其记为 $\alpha_*(K_0)$ ，具有如下性质：

$$\alpha_*(0) = \alpha_*(\infty) = 1, \quad \alpha_*(2) = \frac{1}{2},$$

且 $\alpha_*(K_0)$ 在 $[0, 2]$ 上严格单调下降，在 $[2, \infty)$ 上，严格单调上升。所以，

$$\min_{K_0} \alpha_*(K_0) = \frac{1}{2}.$$

所以，只要

$$\alpha \in (0, 1/2],$$

就一定可以实现社会最优配置被均衡配置集所包含。

在这个例子里， α 表示的就是对人们对公共品的态度，如果公众对这一公共品的态度过高，（比如， $K_0 = 2$ ，而 $\alpha > 1/2$ ），使得公共品的供给也过高，反而挤占了私人品的供给，进而导致社会福利的损失。

而对于给定 α, β ，我们来看什么样的 K_0 能够使得(10)成立。由上述分析，可知，当 $\alpha \in (0, 1/2]$ 时，对于任何 $K_0 > 0$ ，(10)皆成立。而当 $\alpha \in (1/2, 1)$ 时，一般地，存在一个区间 $[\underline{K}, \bar{K}] \subset (0, \infty)$ ，使得(10)成立当且仅当 K_0 在此区间之外。

总之，当(9)不成立，市场机制无法实现社会最优配置。此时，需要政府干预。下面，我们来看几种干预方式的效果。

4.4 庇古-林均衡

政府向企业1的公共品生产进行征税，税率为 $\tau \in (0, 1)$ ，政府再将总收入 T 一次性转移支付给个人。

那么，相对于上述的林均衡问题，这里，企业1的问题就变为求解 $z \in [0, K_0]$ 以最大化

$$\pi_1 = (1 - \tau)pz - rz.$$

企业2的问题没有变化。而个人问题就变成

$$\begin{aligned} \max_{(z, c)} \quad & \alpha \ln z + \beta \ln c \\ \text{s.t.} \quad & pz + c \leq I, \end{aligned}$$

而均衡时，

$$(1 - \tau)p = r, \quad K = K_0 - z, \quad p = \frac{\alpha}{\beta} K^{z+1}, \quad zK^z \geq r,$$

$$I = rz + zK^{z+1} + T = pz + zK^{z+1},$$

其中 T 为转移支付，为

$$T = \tau pz.$$

于是,

$$\begin{aligned}\beta r &= (1 - \tau)\alpha(K_0 - z)^{z+1}, \\ z &\geq \frac{\alpha}{\alpha + \beta/(1 - \tau)}K_0.\end{aligned}$$

与(6)相比较,可以看出,这一征税的做法事实上就等价于将原来的 α 降低到新的

$$\alpha' = \frac{\alpha}{\alpha + \beta/(1 - \tau)}.$$

可以看到, α' 是 τ 的严格减函数, 只要 τ 足够高, 就可以使得 α' 足够低。那么, 要使得

$$\alpha' \leq \alpha_*,$$

只要

$$\tau \geq \frac{1 - \alpha_*/\alpha}{1 - \alpha_*}$$

即可。

不难看出, 对企业1征税和对个人征税效果是相同的。我们看到, 采用庇古手段, 最多只能使得社会最优配置被包含于均衡配置集之中, 而不能精准实现社会最优, 解决不了不确定性 (indeterminacy) 问题。

4.5 科斯-林均衡

政府制定公共品份额为社会最优水平 z_* , 并将它按照如下方式分配给企业1和消费者: $z_1 \geq 0$ 和 $z_2 \geq 0$, 满足 $z_* = z_1 + z_2$ 。并假设公共品份额市场也形成了一个完全竞争市场, 其价格为 σ 。再假设消费品和资本的价格分别为 p 和 r 。那么,

企业1的问题是求 $z \in [0, K_0]$ 以最大化

$$\pi_1 = pz - rz - \sigma(z - z_1).$$

企业2的问题是求 $K \in [0, K_0 - z]$ 以最大化

$$\pi_2 = zK^{z+1} - rK.$$

而消费者的问题是

$$\begin{aligned}\max_{(z,c)} & \alpha \ln z + \beta \ln c \\ \text{s.t.} & \quad pz + c \leq I,\end{aligned}$$

其中 I 为其总收入。均衡时，成立

$$p = r + \sigma, \quad zK^z \geq r, \quad (13)$$

$$pz = \alpha I, \quad K = K_0 - z, \quad z - z_1 = z_2,$$

$$I = rK_0 + \sigma z_2 + \pi_1 + \pi_2 = pz + zK^{z+1}.$$

那么， p 可被唯一确定为

$$p = \frac{\alpha}{\beta}(K_0 - z_*)^{z_*+1}.$$

注意到 $r \geq 0, \sigma \geq 0$ ，再结合(13)，得

$$0 \leq r \leq r^*, \quad \sigma = p - r,$$

其中

$$r^* = \frac{1}{\beta}(K_0 - z_*)^{z_*} \min(\alpha(K_0 - z_*), \beta z_*).$$

因此，存在多重均衡：价格体系不唯一（公共品价格 p 唯一，而资本价格 r 和公共品份额价格 σ 不唯一），但资本的配置，公共品和消费品的水平都被唯一确定。

我们看到，科斯手段也没能解决不确定性问题。

由以上两节的分析，可以看到，科斯手段和庇古手段并不总是等价的。而某种意义上说，科斯手段更直接更有效，它可以使得配置达到社会最优状态，尽管市场均衡并不被唯一确定。

4.6 瓦尔拉斯-林均衡

如何实现社会最优配置并且消除掉不确定性问题呢？在上述的处理中，最根本的一点就是公共品对企业2免费，进而经济中存在外部性问题。而上述的典型庇古手段和科斯手段都不能解决不确定性问题。

下面，我们将看到，若政府同时向个人和企业2征收公共品使用税，问题就可以完美解决。

更具体地，假设政府向企业征收公共品使用税，税率为 σ ，税基是它（可选择的）需求的公共品（就是说，企业2可自由选择公共品的使用，而政府针对于它的公共品使用情况而对其征税。这样一来，就不存在外部性问题了。因为公

共品的需求本身在企业2的决策范围之内)。再假设政府向个人征收公共品使用税, 税率为 τ , 税基是它(可选择的)购买公共品的支出。政府将全部税收 T 一次性转移给个人。

记消费品的价格为1, 公共品的价格为 p , 资本的价格为 r 。

那么, 企业1的问题就是

$$\begin{aligned} \max_z \quad & \pi_1 = pz - rz \\ \text{s.t.} \quad & z \in [0, K_0]. \end{aligned}$$

企业2的问题就是

$$\begin{aligned} \max_{(z,K)} \quad & \pi_2 = zK^{z+1} - rK - \sigma z \\ \text{s.t.} \quad & z \in [0, K_0], \quad K \in [0, K_0 - z]. \end{aligned}$$

而个人问题就是

$$\begin{aligned} \max_{(z,c)} \quad & \alpha \ln z + \beta \ln c \\ \text{s.t.} \quad & (1 + \tau)pz + c \leq I, \end{aligned}$$

其中 I 为其总收入。均衡时, 成立

$$zK^z \geq r = p, \tag{14}$$

$$K = K_0 - z, \tag{15}$$

$$r = \frac{\alpha}{(1 + \tau)\beta} f(z), \tag{16}$$

$$\sigma - r = f(z) + zf'(z), \tag{17}$$

$$T = \sigma z + \tau rz,$$

$$I = rK_0 + T + \pi_1 + \pi_2 = z(f(z) + (1 + \tau)r),$$

其中 f 由(7)给出。由(14), (15)和(16), 可得

$$z \geq \frac{\alpha}{\alpha + (1 + \tau)\beta} K_0. \tag{18}$$

由(16), (17), 可得

$$\frac{\sigma}{zf(z)} + \frac{z + 1}{K_0 - z} = \frac{\frac{\alpha}{1 + \tau} + \beta}{\beta z} + \ln(K_0 - z). \tag{19}$$

由此可见，政府可制定适当的 τ, σ 使得由(19)确定的唯一的 z 恰为满足(8)的社会最优公共品水平 z_* ，并且满足(18)。

更确切地，首先确定 τ 。尽可能地将 τ 确定的低以减少对经济的干预。最低的 τ 就是

$$\tau = \frac{1}{\beta} \left(\frac{\alpha K_0}{z_*} - 1 \right)^+ . \quad (20)$$

然后，再由(19)来确定 σ ：

$$\sigma = z_* f(z_*) \left(\frac{\frac{\alpha}{1+\tau} + \beta}{\beta z_*} + \ln(K_0 - z_*) - \frac{z_* + 1}{K_0 - z_*} \right) . \quad (21)$$

这样就确定了唯一的一个均衡，并实现了社会最优配置。

关于 τ, σ ，与(4.4)小节的分析类似，不难看出，当 $\alpha \in (0, 1/2]$ ，有 $\tau = \sigma = 0$ 即可。

而当 $\alpha \in (1/2, 1)$ 时，存在一个资本的区间 $(\underline{K}, \overline{K}) \subset (0, \infty)$ 使得当 K_0 在此区间之外时，有 $\tau = \sigma = 0$ 。而当 K_0 位于此区间时，有 $\tau > 0 > \sigma$ 。

上述结果表明：如果政府赋予企业2购买公共品的决策权，那么，当个人对公共品的偏好不高时，政府可象征性征税（实际税率为0），由市场运作就可以自动达到社会最优配置的结果。

而当个人对公共品的偏好较高时，而且个人的资本禀赋较低（但也不过低，至少高于资本低门槛 \underline{K} ），那么政府可向个人征税而对企业2进行补贴，由市场运作就可以自动达到社会最优配置的结果。一旦个人资本禀赋跨过资本高门槛（ \overline{K} ）之后，政府就可以放开干预，任由市场来运作，就可以达到社会最优配置的结果了。

这后一种情形说明，当经济中的资本禀赋较低时，容易出现市场失灵，需要政府干预；当资本积累到一定程度之后，就可减少政府干预了。

4.7 比较静态分析

在上述的林均衡、庇古-林均衡和科斯-林均衡之下，存在多重均衡。因此，无法确切知道市场最终会实现哪一个均衡，进而无法得知要素禀赋结构的变化如何通过市场机制特别是价格信号来影响最终的配置以及技术选择的结果的。当然，仅仅是看公共品和消费品的产出水平，不对考察价格，那么，也可以做相对于要素禀赋结构变动的比较静态分析。

但更明确地，还是在瓦尔拉斯-林均衡之下，即当企业对公共品的需求有独立的决策权的时候，外部性消失，均衡存在唯一，此时，做比较静态分析是简单的。

容易看到，在瓦尔拉斯-林均衡之下，随着资本要素禀赋的不断提高，资本品的价格越来越低，基础设施会越来越好，技术可选的范围会越来越大，社会福利也会越来越得到提高。

[注10]. 如果将(1)改成

$$F_{\theta}(K) = \theta K^{\theta+1}, \quad \forall K \geq 0,$$

那么，问题将会变得更复杂：若允许企业2同时选择多个技术，那么，林均衡永远存在（亦为多重均衡），只是对于处于某一些区间的资本要素禀赋 K_0 ，需要企业2同时选择两个技术。而当只允许企业选择一个技术时，对于那样的资本要素禀赋 K_0 ，林均衡不存在。这些断言，可参考下面的罗宾逊经济的处理手段，来给出证明。

4.8 高维拓展

在上述模型中，要素是一维的，只有资本。我们可以将上述讨论拓展到高维要素情形。

本节只给出一个简单的拓展，那就是加入劳动力。假如个人的劳动力禀赋为 $L_0 = 1$ ，而企业2的可能的生产函数为

$$F_z(K, L) = zK^{z+1}L^{\gamma},$$

其中 $\gamma \in (0, 1)$ 给定。而其余设定皆保持如上。

那么，针对于这一具体的拓展情形，采用与上述相仿方法¹³，可以证明，上述四种均衡皆是多重的。更具体地，我们来看瓦尔拉斯-林均衡。其他几种均衡可相仿处理。

事实上，在此情形下，相比于4.6中的情形，企业2的问题变为

$$\begin{aligned} \max_{(z, K, L)} \quad & \pi_2 = zK^{z+1}L^{\gamma} - rK - \omega L - \sigma z \\ \text{s.t.} \quad & z \in [0, K_0], \quad K \in [0, K_0 - z], \quad L \in [0, 1]. \end{aligned}$$

¹³参照3.1小节中的例1以及4.2-4.6小节中的处理方法。

那么，采用4.6中的方法，可以证明：政府以(20)和(21)来制定 τ, σ ，可以使得瓦尔拉斯-林均衡存在，只是，此时，均衡是连续统多重的，其中 $\omega \in [0, \bar{\omega}]$ ，而

$$\bar{\omega} = \gamma z_* (K_0 - z_*)^{z_*+1}, \quad (22)$$

其中 z_* 是社会最优基础设施水平，由(8)给出。

在这多重均衡中，我们倾向于认为市场会实现工资水平最高的一个均衡。对此，我们的解释是：一是工会组织的努力争取¹⁴；二是政府的最低工资的限制；三是整个社会文化的进步，个人权益意识的普遍提高等。

这样一来，在瓦尔拉斯-林均衡¹⁵中，工资就为 $\bar{\omega}$ 。再由(16)，资本价格为

$$r = \frac{\alpha}{(1+\tau)\beta} f(z_*). \quad (23)$$

由(22)和(23)，不难验证，资本相对于劳动力的相对价格 $r/\bar{\omega}$ 是资本禀赋 K_0 的严格单调下降函数。因此，随着资本的积累，要素禀赋结构发生变化，资本的稀缺性在降低，资本的相对价格在下降，资本相对于劳动力而言会变得越来越便宜，资本-劳动力的替代效应显示出来，劳动力更多地会被资本所替代。并且，企业的技术选择集在扩张，基础设施水平在提升，而整个社会福祉也会随之上升。

5 罗宾逊经济

在本文的最后，再举一个简单而又典型的例子—罗宾逊经济，以展示普通的瓦尔拉斯均衡与林均衡的区别，以及技术选择中允许选择多个技术和只允许选择一个技术对均衡的影响。这里没有基础设施。

考虑一个经济，有一个部门（其中有一个代表性企业），一个代表性个人，要素只有资本和劳动力，并假设该企业的生产函数为 $Y = K^\alpha L^{1-\alpha}$ ，其中 Y 为产出，而 K, L 分别为资本和劳动投入。这里的 $\alpha \in [0, 1]$ 可选。

假设此人拥有 $K_0 > 0$ 的资本禀赋和 $L_0 > 0$ 的劳动力禀赋，而他的效用函数为 $U(c, \ell) = c^\beta \ell^{1-\beta}$ ，其中 c, ℓ 分别为其消费和休闲，而 $\beta \in (0, 1)$ 给定。

¹⁴要深入讨论这一问题，涉及到博弈论。相应地，还会有“纳什-林均衡”的概念。那将是另一个话题。篇幅所限，这里就暂不深入讨论了。

¹⁵其他几种均衡也可做相仿处理。

经济是完全竞争的。为记号方便，令 $k_0 = K_0/L_0$, $\tau = \beta/(1 - \beta)$ 。记消费品价格、资本价格和工资分别为 p, r, ω 。

那么，个人问题就是

$$\begin{aligned} \max_{(c, \ell)} \quad & c^\beta \ell^{1-\beta} \\ \text{s.t.} \quad & pc \leq rK_0 + \omega(L_0 - \ell) + \pi, \\ & c \geq 0, \\ & \ell \in [0, L_0], \end{aligned}$$

其中 π 为企业利润，给定。而在林均衡之下的企业问题就是

$$\begin{aligned} \max_{(n, \alpha_1, \dots, \alpha_n, K_1, \dots, K_n, L_1, \dots, L_n)} \quad & \sum_{i=1}^n (pK_i^{\alpha_i} L_i^{1-\alpha_i} - rK_i - \omega L_i) \\ \text{s.t.} \quad & n \in \mathbb{N}, \\ & K_i \geq 0, \quad L_i \geq 0, \quad \alpha_i \in [0, 1], \quad \forall i = 1, \dots, n, \\ & \sum_{i=1}^n K_i \in [0, K_0], \quad \sum_{i=1}^n L_i \in [0, L_0]. \end{aligned} \quad (24)$$

而在瓦尔拉斯均衡之下，企业问题中，没有约束(24)。在这里，企业可选多个技术。如果仅允许选择一个技术，那么，在上述企业问题中的 n 只能等于 1。

易见，当企业只允许选择一个技术和允许选择多个技术时，总生产函数分别为 $F(K, L) = \max(K, L)$ 和 $F(K, L) = K + L$ 。

有如下结果¹⁶。

[命题1]。如果只允许企业选择一个技术，那么，若 $k_0 \geq \tau$ ，则存在多重瓦尔拉斯均衡，但始终有 $\alpha = 1$ ；若 $k_0 < \tau$ ，则瓦尔拉斯均衡不存在。如果允许企业选择多个技术，那么，若 $k_0 \geq \tau$ ，则存在多重瓦尔拉斯均衡，但始终有 $\alpha = 1$ ；若 $k_0 < \tau$ ，则瓦尔拉斯均衡存在唯一，其中企业同时选择两个技术，分别对应着 $\alpha = 0$ 和 $\alpha = 1$ 。

[命题2]。如果只允许企业选择一个技术，那么，若 $k_0 \geq \beta$ ，则存在多重林均衡，但始终有 $\alpha = 1$ ；若 $k_0 < \beta$ ，则林均衡不存在。如果允许企业选择多个技术，那么，若 $k_0 \geq \tau$ ，则存在多重林均衡，但始终有 $\alpha = 1$ ；若 $k_0 < \tau$ ，则亦存在多重林均衡，其中企业同时选择两个技术，分别对应着 $\alpha = 0$ 和 $\alpha = 1$ 。

¹⁶在数学处理上，需要一些手段。可参考Zhang(2025)。这里，篇幅所限，略去具体的证明。或，若有兴趣，可函索。

[命题3]。无论是企业只允许选择一个技术还是允许选择多个技术，只要瓦尔拉斯均衡或林均衡存在，那么，相应的均衡配置都是社会最优的，进而是帕累托有效的。

[注11]。可以看到，企业考虑了这个经济的要素禀赋约束，均衡发生了变化。特别是当企业只允许选择一个技术而 $\beta \leq k_0 < \tau$ 时，普通的瓦尔拉斯均衡不存在，但林均衡存在。所以，林均衡存在的范围更大。此外，单就林均衡本身，当 $\beta \leq k_0 < \tau$ 时，若允许企业选择多个技术，则林均衡下有 $\alpha = 0, 1$ ；而若只允许企业选择一个技术时，则林均衡下有 $\alpha = 1$ 。可见，在某种情形下，允许选择多个技术和只允许选择一个技术，即使林均衡都存在，也不一定相同。这也不足为奇。因为选择范围不同。小范围内有最优解，大范围内反而没有最优解了；反过来，小范围内无最优解，大范围内反而有最优解，亦有可能发生。

6 总结

本文基于总结于中国经济发展经验而提出的新结构经济学的基本思想，构建了一个统一的分析框架，为理解“基础设施、技术选择、要素约束”共存环境中的经济运行规律提供了系统性的视角。

核心结论可以概括如下：

(i) 提出了“林均衡”的概念，将基础设施的生产性正外部性、技术选择以及要素禀赋约束在同一均衡概念中显性并置。相较于普通瓦尔拉斯均衡，林均衡的存在域更宽，因而可用于分析在非凸情形下的技术选择问题，拓展了一般均衡分析的范围。

(ii) 在统一框架下构造并比较了三种新结构经济学所倡导的“有为政府”主导的机制。其中，“庇古-科斯”路径能够部分地矫正由“基础设施的免费使用”所引致的市场失灵，但往往伴随经济不确定性；而当企业被赋予了对基础设施的显性需求决策权并据此付费时，可从源头消除外部性，进而实现了均衡的“存在性-唯一性-有效性”的统一。

(iii) 比较静态分析表明，随着资本禀赋的积累，潜在比较优势内生变迁、基础设施水平内生上升、可选技术集合内生扩展、生产结构的资本深化也使得社会福利随之提高；这一结果在瓦尔拉斯-林均衡中展现的尤为清晰。

本研究可视为新结构经济学在一般均衡理论领域的一次新探索，是基于中国

经验的自主理论创新。本文着重于思想阐释，给出严格定义并采用典型例子来阐述其意义，而一般意义上的理论建构尚处于初步阶段。

本文有诸多不足，需要做进一步完善和发展。需要完善的方向包括：其一，建立关于均衡存在性、唯一性及有效性的一般性定理；其二，将框架推广至随机和动态情景，考察随机因素的作用，并评估在动态世界中三种外部性矫正机制的效果；其三，将制度明确地引入模型，探讨制度的内生生成机制及其对经济发展的影响；其四，讨论随机且非完全信息下的技术选择问题，考虑技术信息的搜索成本以及企业采纳新技术的试错风险；其五，“林均衡”常常是多重的，如何引导市场实现其中的“好的”均衡，需要更深入地研究“有为政府”的相应的措施。对上述问题的深入探讨，将进一步拓展“林均衡”概念的理论视野与意义。

参考文献

林毅夫(2011)。新结构经济学—重构发展经济学的框架。《经济学（季刊）》，第10卷第1期，第1-32页。

林毅夫，付才辉(2022)。新结构经济学。《中国经济学手册》之“新结构经济学”条目。北京大学新结构经济学研究院，新结构经济学工作论文，No.C2022002。

Acemoglu, D., and Azar P.D. (2020). Endogenous Production Networks. *Econometrica*, 88(1), 33-82.

Anderson, R. M., and Duanmu, H. (2025). Cap-and-Trade and Carbon Tax Meet Arrow - Debreu. *Econometrica*, 93(2), 357 - 393.

Arrow, K. J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies*, 29(3), 155 - 173.

Arrow, K. J. (1963). The role of securities in the optimal allocation of risk-bearing. *Review of Economic Studies*, 31, 91-96.

Arrow, K. J. and Debreu G. (1954). Existence of an equilibrium for a competitive economy. *Econometrica*, 22, 265-90.

- Aschauer, D. A. (1989). Is Public Expenditure Productive? *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177 - 200.
- Barro, R. J. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. *Journal of Political Economy*, 98(5), 103 - 125.
- Basu, S., and Weil, D. N. (1998). Appropriate Technology and Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1025 - 1054.
- Bénassy, J.-P. (1982). *Economics of Market Disequilibrium*. New York: Academic Press.
- Bénassy, J.-P. (2006). *Dynamic Models with Non-Clearing Markets*. Paris School of Economics Working Paper No. 2006-26.
- Brown, D. J. (1991). Equilibrium Analysis with Non-Convex Technologies. In Hildenbrand W. & Sonnenschein H. (eds.), *Handbook of Mathematical Economics*, Vol. IV, pp. 1745 - 1820. Amsterdam: North-Holland / Elsevier.
- Caselli, F., and Coleman, W. J. (2006). The World Technology Frontier. *American Economic Review*, 96(3), 499 - 522.
- Coase, R. H. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1 - 44.
- Debreu, G. (1959), *Theory of value*. New York: Wiley.
- Dehez, P. and Drèze, J. H. (1984). Distributive Equilibria with Quantity Rationing. *European Economic Review*, 24(3), 273 - 292.
- Dobb, M. (1960). *An Essay on Economic Growth and Planning*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Drèze, J. H. (1975). Existence of an Exchange Equilibrium under Price Rigidities. *International Economic Review*, 16(2), 301 - 320.
- Drèze, J. H. (1987). *Underemployment Equilibria: Essays on Theory, Measurement and Policy*. Oxford: Basil Blackwell.
- Gilbert, R. J., and Klemperer, P. (2000). An Equilibrium Theory of Rationing. *RAND Journal of Economics*, 31(1), 1 - 21.
- Growiec, J. (2013). Factor-augmenting technology choice and monopolistic competition. *Journal of Macroeconomics*, 38, 86 - 94.

- Growiec, J. (2018). Factor-Specific Technology Choice. *Journal of Mathematical Economics*, 77, 1 - 14.
- Herings, P. J. J. (1996). *Static and Dynamic Aspects of General Disequilibrium Theory*. Berlin: Springer-Verlag.
- Herings, P. J.-J. (1998). On the existence of a continuum of constrained equilibria. *Journal of Mathematical Economics*, 8, 257 - 273.
- Herings, P. J.-J. (2009). Constrained Suboptimality When Prices Are Non-Competitive. *Journal of Mathematical Economics*, 45(1 - 2), 43-58.
- Jiang, S., Lin, J. Y., and Wang, L. (2025). Infrastructure and economic growth: from new structural economics perspective. *China Economic Journal*, 18, 209-224.
- Kopytov, A., Mishra, B., Nimark, K., Taschereau-Dumouchel M. (2024). Endogenous Production Networks Under Supply Chain Uncertainty. *Econometrica*, 92(5), 1621-1659.
- León-Ledesma, M. A., and Satchi, M. (2019). Appropriate Technology and Balanced Growth. *Review of Economic Studies*, 86(2), 807 - 835.
- Lin, J. Y. (2012). *New Structural Economics: A Framework for Rethinking Development and Policy*. Washington, DC: The World Bank.
- Lin, J. Y. (2017). Industrial policies for avoiding the middle-income trap: a new structural economics perspective. *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, 15(1), 5-18.
- Lin, J. Y., and Monga, C. (2011). Growth Identification and Facilitation: The Role of the State in the Dynamics of Structural Change. *Development Policy Review*, 29(3), 259-310.
- Lin, J. Y., Liu, Z., and Zhang, B. (2023). Endowment, technology choice, and industrial upgrading. *Structural Change and Economic Dynamics*, 65, 364-381.
- Lindahl, E. (1958). Just Taxation—A Positive Solution. In R. A. Musgrave and A. T. Peacock (Eds.), *Classics in the Theory of Public Finance* (pp. 168 - 176). Macmillan.
- Lucas, R. E. Jr. (1988). On the Mechanics of Economic Development.

Journal of Monetary Economics, 22(1), 3 - 42.

Mas-Colell, A., Whinston, M. D., and Green, J. R. (1995). *Microeconomic Theory*. New York, Oxford: Oxford University Press.

Michaillat, P., and Saez, E. (2015). Aggregate Demand, Idle Time, and Unemployment. *Quarterly Journal of Economics*, 130(2), 507 - 570.

Pigou, A. C. (1920). *The Economics of Welfare*. London: Macmillan and Co., Ltd.

Plassard, R. and Renault, M. (2023). General Equilibrium Models with Rationing: The Making of a 'European Specialty'. *European Economic Review*, 159, 104570.

Quinzii M. (1992). *Increasing Return and Economic Efficiency*. Oxford: Oxford University Press.

Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002 - 1037.

Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71 - 102.

Sandmo, A. (1975). Optimal taxation in the presence of externalities. *The Swedish Journal of Economics*, 77(1), 86-98.

Samuelson, P. A. (1954). The Pure Theory of Public Expenditure. *Review of Economics and Statistics*, 36(4), 387 - 389.

Schumacher, E. F. (1973). *Small Is Beautiful: Economics as if People Mattered*. London: Blond & Briggs.

Sen, A. K. (1959). Choice of Techniques. *Quarterly Journal of Economics*, 73(4), 485 - 507.

Sen, A. K. (1960). *Choice of Techniques: An Aspect of the Theory of Planned Economic Development*. Oxford: Basil Blackwell.

Straub, S. (2008). *Infrastructure and Growth in Developing Countries: Recent Advances and Research Challenges*. Policy Research Working Paper, No. WPS 4460. Washington, DC: World Bank.

Vijai, J. P. (2021). Production network, technology choice, capacity investment and inventory sourcing decisions: operational hedging under demand un-

certainty. OPSEARCH, Springer; Operational Research Society of India, 58(4), 1164-1191.

Weitzman, M. L. (1974). Prices vs. Quantities. *Review of Economic Studies*, 41(4), 477 - 491.

Xie, D. (1994). Divergence in economic performance: transitional dynamics with multiple equilibria. *Journal of Economic Theory*, 63, 97-112.

Zhang, B. (2025). Cobb-Douglas Technology Choice. Peking University School of Economics Working Paper Series E-2025-10-1.

Technology Choice, Infrastructure, and Factor Constraints: Lin Equilibrium and Its Policy Implications

Abstract: Drawing on China’s economic development experience since the reform and opening-up—particularly the pattern of “introduction first, followed by indigenous innovation” and the emphasis on infrastructure investment—this paper, in the spirit of New Structural Economics, incorporates the positive externalities of infrastructure, technology choice, and factor endowment constraints on production into a unified general equilibrium framework, and proposes the concept of Lin equilibrium. The existence of this equilibrium does not depend on the convexity of technology. Especially under increasing returns to scale, a traditional Walrasian equilibrium may fail to exist, whereas a Lin equilibrium does, thereby broadening the scope of general equilibrium analysis. Due to the presence of externalities, a Lin equilibrium is generally not Pareto efficient. To correct this market failure, the paper further explores three mechanisms of a facilitating state and introduces the corresponding equilibrium concepts—Pigou - Lin equilibrium, Coase - Lin equilibrium, and Walras - Lin equilibrium. The first two can partially eliminate market failures but often entail equilibrium indeterminacy, whereas the last achieves both efficiency and determinacy to a greater extent by granting firms explicit decision rights over infrastructure demand and requiring them to pay accordingly. At the policy level, the paper also examines the implementability of these three mechanisms. A comparative static analysis of a simple

model shows that, as capital accumulates, the factor endowment structure and comparative advantage evolve endogenously, and under the guidance of a facilitating state, the level of infrastructure rises endogenously, the set of feasible technologies expands, and social welfare increases accordingly, thereby revealing the intrinsic mechanism of Lin equilibrium and its policy implications.

Keywords: Technology Choice; Infrastructure; Factor Endowments; Lin Equilibrium