

创新政策的三个框架：研发，创新系统和转型性变革

约翰·肖特 Johan Schot*; 爱德华·斯坦缪勒 W. Edward Steinmueller

摘要

科技创新政策受其历史发展的影响。在现有创新政策的讨论中，可以辨别出有两个主导且互存的创新政策框架。第一个是二战后政府对科学和研发的支持，其假设认为其能促进增长且能够解决私营企业对新知识欠缺动力的市场失灵问题。第二个框架兴起于 20 世纪 80 年代全球化和对国家竞争力的强调，即基于国家创新系统（national systems of innovation）的知识创造和商业化。科技创新政策聚焦于建立联系，群和网络，旨在促进系统内各个不同元素之间的联系和学习，且能够促使企业家精神。第三个框架联系到目前的社会和环境挑战，比如可持续发展目标以及对转型创新需求的辨别。此框架区别于之前的两个框架。转型主要指基于可持续转型研究领域中的社会技术系统变革的理念。本文对框架 3 的特征进行了描述，且以其为视角对前两个框架的特征再审视。框架 3 的主要特征是对试验的关注，主要论点是南半球不再仅仅扮演追赶北半球转型模式的角色。本文认为三个框架对政策制定的指导都十分相关，但应给予探索转型创新政策一定的优先级。

关键词：转型；可持续发展目标；研发；国家创新系统；创新政策

1. 前言

公共政策，包括和科技直接相关的政策，主要基于对过去经验和实践的理解，以及对现代所面临挑战的反思和对未来相关行动的认知。对政策研究人员、实践者，以及其它相关人员来说，过去，现在和未来形成相互关联的解释，指导着其分析问题和采取行动。这些解释的关联性产生强有力的框架——即对经验、以及现有环境的秩序和未来潜在性的想象力，从而形成政策分析和行动的根基，并塑造其对相应潜在性和机遇等的期望 (Goffman, 1974; Benford and Snow, 2000; Taylor, 2003)。框架会随着时间推移而演化，当其被认为不能适应现有的环境其将发生变化。因为框架影响人们的想象力，且其能够扩展到公共政策领域来影响非政府组织、私营企业以及家庭和个人等的活动。一些人认为对框架的反思可能会阻碍相应的行动。我们则持相反论点：与

Schön and Reid (1994)的观点一致，我们认为很有必要对相应的框架反思，从而对复杂的政策问题设计和实施有效的政策方案。

现代经济增长主要由一系列的社会技术系统支撑，这些系统的运转使用大量的化石能源，基于工业化的大量生产（industrial mass production）和个体的大量消费

（individualized mass consumption）——这是高资源和高能源消耗的，且产生大量的浪费。虽然如今在许多国家，人的寿命和物质福利等有了很大的提高，但诸如经济危机和逐步扩大的不平等问题等一直存在，我们逐渐意识到现有的社会技术系统在满足我们最基本的需求方面——食物，能源，交通，物质，水和资源等方面都是不可持续的。尽管二战后演化并形成的现有科技政策框架依然相关，但这些框架却对如何管理现代经济增长中社会技术系统的负面影响方面提供十分有限的指导。

我们认为如今是时候更加坚定地强调并在实践中试验一种能够重点促进社会技术系统变革的科技创新政策。科技政策可以区分为三个框架，其中两个是现有的且已经在政策话语和行动中得到系统化地应用。这三个框架每个涉及到不同的创新模式，其定义了行动者的角色，并描述这些行动者是如何通过行动来达到目标的——我们在对每个框架描述时会对这些内容进行审视。框架 3 关注社会技术系统变革，尽管它已经作为政策讨论的背景很多年了，但其依然还未得到充分研究。OECD 最近承认了这点 (OECD, 2015; 参考 (Steward, 2012; Weber and Rohracher, 2012 and Frenken, 2017))。

框架 1 聚焦到创新服务经济增长，引导科技服务于经济繁荣以及培育社会技术系统将其引导到大量生产和消费的方向。其主要强调现代经济增长的两个关键特征——被 Kuznets (1973) 辨别为基于科学的产业和工厂生产力的持续提升。¹然而这个框架下依然未强调科技创新政策或对其的强调十分隐性，直到二战后其才扩展强调政府的作用，这在 Vannevar Bush(1945)和其他人的思想中得以体现。

框架 2——国家创新系统——兴起于 20 世纪 80 年代，主要解决单个国家政府现代经济增长中带来的后果，即国际竞争的加剧、全球化、落后国家发展的前景以及成功追

¹ Kuznets (1973) 辨别六个特征以定义现代经济增长。其它四个特征包括：快速的人口增长；结构转型（主要是城镇化和从农业到工业化再到服务业的转变）；意识形态的变化（比如世俗化（secularisation））；发达国家逐步经济活动逐步扩张到全球其它地方（部分被如今称为全球化）；以及长久的不发达问题（在 Kuznets 的文章写成时候，长久的非现代经济增长覆盖了全球四分之三的人口）。

赶的希望。与框架 1 相似，框架 2 的一些特性在早期的科技创新政策理论中也未被突出地强调，但其对实践产生极大的影响，远超过对科技创新政策理论合理性的影响。本文将更加清晰地讨论框架 1 和 2 背后的合理性，并将阐述其框架提出的历史背景。

框架 3——转型创新——正在形成中且其轮廓在最近几年逐渐清晰。对转型创新的渴求主要体现在比如 2015 年联合国发布的可持续发展目标。这些目标包括：对贫困的消除和减少不平等问题，促进包容性和可持续消费和生产体系，以及应对气候变化和许多其他的目标等。²相比框架 1 和 2 及与其相关的意识流和实践，框架 3 从根本上质疑——如何使科技政策来满足社会需求，解决可持续和包容性社会的问题。

一个新的框架的兴起并不意味着一定会替代之前的框架。然而，框架之间可以相互竞争从而影响政策制定者的想象力，并最终影响公众。特定政策的合理性和相关论证的合法性和其后续的执行都会受到对不同框架的理解和流行程度的影响。本篇文章旨在审视三个框架的历史发展，阐述每个框架所响应的科学争议，及其相应的社会和经济环境。最后，我们认为对框架 3 的相应研究、试验（*experimentation*）和反思应该作为现今科技创新政策或简称为创新政策（本文认为的创新涵盖从科学发现到最后商业使用的全链条）的首要考虑。但我们不认为框架 1 和框架 2 已成为多余，这两个框架有其自身的合理性，在现今发展阶段依然相关且有其相应的提升空间。现实中的政策实践往往反映了这三个框架的混合。对于学者以及政策制定人员来讲，对这些框架的深入探讨和政策过程的反思不仅十分重要，且早应该对此进行反思，因为这些框架对政策实践有着十分广泛的影响。这篇文章旨在促进这一讨论与反思，并寄希望于最终能够激发新的政策实践（(Schön and Reid, 1994)）。³

2. 框架 1：创新促进增长

二战后对工业发达经济体未来发展的关心不言而喻。对失业、通货膨胀以及经济不稳定性的担忧，及政府在战争中的动员作用已构成了政府干预的合法性，虽然此干预在战前尤其在英国和美国是被质疑的。战前各国对研发的支持程度差异很大，仅仅有很

² <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-developmentgoals/>
Accessed 28/11/17.

³ 本文的作者和其他合作者一起创建了转型创新政策联盟（Transformative Innovation Policy Consortium），该联盟旨在促进和帮助政策试验，网址：<http://www.tipconsortium.net> [译者注已对此网站更新]

少的例外，比如美国和欧洲的农业研究，这些努力是政府在特定行为活动比如防御、无线电通讯、医学研究、地质勘查和土木工程中发挥作用的直接结果。战后，且因为要确保冷战，当时有极大地热情扩展政府对科学研究投资地干预，其被认为可以确保和平和产业效应。国防相关的研究机构推动其研究转移到军用市场外(Galison and Hevly, 1992)。

政府可以且应该对科学研究资助扮演积极作用已形成了广泛的共识，因为新的科学发现可以通过私营企业的应用研究进入到实践中。科学对产业现代化做出的巨大贡献是公认的——正如泰勒主义（Taylorism）和福特主义（Fordism）所强调的，用持续和加强的科研管理替代技巧实践（craft practices）和传统（traditions）。

对应用科学和技术发展的关注以及对将其企业作为投资主体表明战前仅仅关注创造即——仅仅强调发明和发明者的缺陷。这些投资若要得到回报，创造必须进行商业化。商业化只能在创造被大量用户购买的情况下才会形成。实际上，这种表述表明过去对创造的属性和源头的认识正在发生变化。一开始，这主要涉及到对研发作为投资的关注，然后这会带来对新产品采纳率（扩散路径）的关注。为了捕捉这些过程并将创造从更为复杂的应用研究、发展和商业化过程中区分，创新这个词便被使用了。⁴这种情景下，对创新最简单的定义就是商业化的创造。⁵

20 世纪 50 年代后期流行的思想偏向于科学带来的经济受益，这带来了从理论和实证视角对科学和技术知识经济作用的重新审视。实证方面，Abramovitz (1956); Solow (1957) 和其他人对经济增长产出和生产的重新审视。Abramovitz and Solow 认为资本和劳动投入的增长不能全部解释经济产出的增长，还有一部分余值无法解释，Solow 将此余值归结为技术进步，Abramovitz 则将其看成是“某种被我们忽略的原因带来了美国经济的增长”（p.11）。从技术政策角度看，这些研究似乎确定了科学能够带来经济增长。这些观点被一些新颖产品诸如大规模市场的电视机、喷气式客机、以及较为

⁴ 对经济学家而言，其发展产出理论以反映技术的贡献，其广义上同时使用技术进步和工艺进步（technical or technological change），从而能够同时讨论两种不同的创新，即对新产品和生产产品过程的创新。后来过程和产品创新的术语便被用来区分不同类型的技术变革。

⁵ Chris Freeman 对其尤其关注，由于其对科学的社会功能的兴趣 (Bernal, 1939) 以及对发明和发明商业化的区分。虽然 Freeman 不是第一个对其做出区分的人，但其却对将此区分更被广泛得接受中具有重要的影响，这主要得益于其 Freeman (1974)作品的从能。

争议的洲际弹道导弹等再次印证。这一余值的重要性激发了社会科学家和政策制定者的兴趣来探讨技术变革的过程。这也使得对研究单位进行公共干预合理性的再审视。

2.1. 政策干预的合理性

对科学需要投资的清晰认知，以及对技术变革作为经济增长最重要因素的实践经验，为经济学家带来了一个理论问题。在此背景下，Nelson (1959) 和 Arrow (1962) 问了这样一个问题：市场主体的激励能够产生社会需要的科技知识吗？他们给予了否定的答复，这映射出科学知识的属性（分配或者拥有科学知识的挑战性）以及市场的逻辑（若其它竞争者因其自身的开支能同等受益，一个企业将做出理性经济选择不进行研发开支，因为其它竞争者会搭便车且因不用承担研究开销而获得成本优势）⁶。因此，经济理论提供了一个公共财政支持创新中一个元素（发明或创造）的强健的合理性。用经济学的术语，发明或创造具有公共属性，类似于道路或者渠道，且当时对公共物品受到市场失灵影响-即市场不能够实现资源的最优配置-具有广泛地认同。

对于创新过程后期阶段-应用研究和商业化-是否也会受到市场失灵影响的问题并没有考虑。其假设在创新的后期阶段，知识具有可配置性（*appropriable*）——其价值将会通过秘密交易、知识产权或者仅仅通过保持竞争力来防止竞争对手模仿成功的创新的方式来得以保护。⁷

政策制定者对框架 1 添加的特征是资助使命导向的研究，这是之前政府对军事活动研究资助角色的延续或扩展。一些被用来发动战争而开发的技术——原子武器、雷达、喷气式飞机、弹道导弹和计算机被用于防御并适用于民用。这些应用中最不可置信的是，弹道导弹的民用被用于空间项目、空间竞赛，与此同时也展开了战后核武器的装备竞赛。

通过对贫困和城市暴力的斗争以维持国内安全并使得城市能够焕然一新成为 20 世纪 60 年代大规模投资的关注(Light, 2003)。20 世纪 70 年代的石油危机带来一种新的安全使命政策以减少对进口石油的依赖，这带来了可再生能源的早期发展。政策制定对使

⁶ 此两种假设在后来都得到了质疑。最具戏剧性的是，科学作为公共产品的属性被 Collins (1974) 质疑，后又被 Callon (1994) 质疑。Rosenberg (1990) 观察到企业会投资‘非配置性’的科学，或许因为此是雇佣科学家的必要条件或者是为了将其科学家能够融入到科学共同体和同行网络。

⁷ 这一规则的例外包括受到计划主导市场竞争的防御领域，被认为具有公共属性的医药研究以及很大一部分的进步归功于对好的实践的广泛采纳的农业领域。

命的定义和追求被国家威望及前苏联和中国的社会主义和西方资本主义之间意识形态竞争，和公共投资能够带来经济和社会受益的前景所驱动。物理学家 Robert Wilson 在回复美国参议员关于费米加速实验室（当时最大的高能源物理研究装置）的防御（使命）价值时，对这种使命框架的特征有很好的描述：“这种新知识仅仅关乎荣誉和国家，但它除了能够使得这个国家更值得防御之外，其本身与提升我们国家直接防御能力方面没有丝毫关系” (US Congress, 1969:113)。

经济学家和政策制定者并不是科技政策框架 1 的唯一贡献者。20 世纪 50 年代，对科技进步潜在负面影响意识仅仅限制在一些领域里，比如以《原子科学家公报》封面上定期更新的世界末日钟为代表的对核战争和辐射风险的意识。一些后续作品的发表，比如《寂静的春天》(Carson, 1962)，以及罗马俱乐部发表的报告《增长的极限》引起了科学新产品潜在负面影响的广泛关注。20 世纪 60 年代，相当多的焦灼和对科学对公共健康和安全带来的可能影响的抗议最终导致了环境质量的兴起。政策制定者也对此做出了回应，然而常常是在不情愿地情况下，形成新的监管机构或者对早期设立的机构作出重要改革。例如，设置于 1906 年用于设定药品和食品安全准则的美国食品和药品监管局 (US Food and Drug Administration, FDA)，在世界范围内出现沙利度胺灾难后开始监管药品的疗效。⁸

2.2. 框架 1：创新模式和相关行动者

支撑框架 1 的创新模式是对科学发明的商业化，其过程认为发明被以投资的经济逻辑和对创新潜在市场的金融汇报驱动。这个框架映射出对增长必然性的信心，和对由于竞争性地大规模生产相应地会带来相对便宜的一系列商品选择收益的经济理性。其预期到这种基于科学的过程将会极大地促进长期地经济增长并提供许多商业战略。这个框架承认创新会有负面影响，但这是因为科学知识的缺陷，这些问题可以通过进一步研究来补救。监管在大部分情况下，被应用于研究过程已经完成之后，且其问题已经在对创新的采纳和使用中显现。为了辨别这些问题，政府使用风险和技术评估活动，成立特定机构以告知议会 (Vig and Paschen, 2000)。然而这些技术评估活动并没作为科技创新政策的一个核心部分，而最多被作为一个有用的附加。一个关于事后问题

⁸ 这通过基福弗-哈里斯修正案 (Kefauver Harris Amendment) 或被称为药效修订案 (Drug Efficacy Amendment)，一个 1962 年对联邦食品、药品和化妆品法案 (the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act) 的修订。

解决型的例子是氟利昂（CFC, chlorofluorocarbons）⁹，其创新提高了冰箱的质量和安全性，但最后却辨别出其对臭氧层有损害，其生产最终被国际条约（《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》（Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, 1987））所禁止¹⁰。技术进步对环境、人类健康和福利所带来的广泛影响被认为是进步必须付出的代价。这些负面影响很大程度上被忽略了，直到 20 世纪 70 年代和 80 年代，当诸如由氟利昂而带来的臭氧层空洞、三哩岛核泄露事故（Three Mile Island (1979)）和切尔诺贝利核事故（Chernobyl (1986)）等事件的发生。

这种创新模式下各个主体之间分工和责任明确。科学家预期到追求科学理解的进步，而仅仅附带性地关注这些发现的潜在商业价值¹¹，其在发表研究工作时候可以充分公开其方法和发现¹²，并假设那些从事其发明的人会以一种社会负责的态度而对其使用。公共部门被预期大力资助科学研究以及对科学进行监管以确保其开放性，并鼓励科学家团体对科学不端行为（例如篡改研究结果或者做出未被证明的声明）的自我监管。公共部门也被预期能够提供一种方式来辨别科学应用中出现的问题，并从科学共同体里寻求专家对这些问题进行评估和解决方案。私营部门的作用是将科学发明转化为创新以使得能够长期经济增长。20 世纪 60 年代，一般认为只有大的成熟型企业有能力建立产业研究能力以从事应用研究和发展，这些是商业化科学发明所必须的。

2.3. 框架 1：政策实践

框架 1 鼓励以一种更宽泛的视角审视研究收益，然而，政策实践人员必须协商研究资金分配的政治过程。以上所讨论的政策决策对使命和使命导向的研究项目的定义主要在美国特别明显，其许多大的政府部门（国防部、能源部和卫生部¹³）持续性地支持基础和应用研究，而在法国，核能和医疗研究象征着国家干预型地科学进步。使命导

⁹ 氟利昂代替了二氧化硫制冷剂和甲酸甲酯，其泄露的情况下对人体健康有直接损害。

¹⁰ 蒙特利尔议定书（Montreal Protocol）是此不完全监管的例子，因为其并没有提供措施来整合和摧毁现存的氟利昂。因此一个审视框架 1 的有用视角是监管的有效性，及由此延申的预防原则（‘precautionary principle’）。

¹¹ Stokes (1997) 对此模型做出了有意思的修正，其建议有可能将科学研究区分为应用引发的基础研究（‘use-inspired’）（如巴斯德对发酵机制的研究）区别于纯基础研究（如波尔对原子能级的研究）

¹² 请参阅 Dasgupta and David (1994) 将科学公开作为产生社会福利配置替代的阐释。

¹³ 美国政府（相对于中央集权化的议会式民主制度）与众不同的联邦制结构决定了高等教育和科学政策之间的关系。在美国，大部分高校是基于每个州政府的资金资助成立的。联邦政府对研究资助的增加极大地受益了这其中的一些高校（如加利福尼亚大学和基于 1862 年莫里尔法案（Morrill Act of 1862）成立的高校，联邦政府对其提供了大量一次性拨款地土地支持）以及其它知名的私立高校（麻省理工、斯坦福、哈佛、芝加哥和哥伦比亚大学）。请参阅 Geiger (1993)。

向的研究的政治优势是对基础科学研究的资助可以通过其对某些特定目标的贡献而非仅仅依赖于对科学长期收益的某些模糊的承诺而实现合理化。

对科技重要性的强调导致了許多政策工具的形成旨在促进互补性的商业研发，这些工具包括利好的税收待遇，对某些特定产业进行直接补贴以及其它一些旨在创造良好商业投资的环境，其基于的假设是这些投资的一部分将会流向企业的创新活动。对基于新技术企业（new technology-based firms (NTBFs)）在促使创新重要性的辨别使得一些观点认为对股权价值高的资本收入应该得到利好的税收待遇以鼓励这些企业更进一步的投资研发。对不同国家之间公共和私有研发投入水平的对比成为一个国家研发承诺和性能的指标。最近，欧盟提出达到其 GDP 3%占比的研发强度目标(European Commission, 2010)。

虽然政府对公共资助的态度是正向的，然而几乎没有一个国家能够负担从事所有的科学技术活动。选择是必须的。这带来了在相互竞争的替代选择之间做抉择的机制的发展。其中一个比较具有影响的机制是形成于 20 世纪 80 年代和 90 年代的技术预测（technology foresight）(Martin and Irvine, 1989)。预测相关的活动是将相应的社会影响也考虑在技术选择的过程中，但在实践中技术成功的几率（technological opportunities）却成为主导的因素。

为了确保科学研究作为公共物品和应用研究、发展和市场化的私有性之间分工的平衡，用于加强和扩展知识产权保护的政策实践得到实施。美国尤其在此领域十分有野心-通过成立美国联邦巡回上诉法院（Court of Appeals for the Federal Circuit (1982)），设置原则来免除审查专利诉讼，扩展制药产品的专利周期 (1984) 以及在贸易相关的知识产权协议（Trade Related Aspect of Intellectual Property (TRIPS)）和乌拉圭回合贸易多边协议谈判（Uruguay Round of the General Agreement on Tariffs and Trade (GATT)）中扮演领导角色。

最后，对研究学历的教育作为一个公共政策目标贯穿于框架 1 的时期且在最近持续强调科学技术工程和数学学科中得以体现。保障研究人员的提供被认为是促进基于科学的增长十分重要。

2.4. 框架 1：其它或与其相对立的框架

框架 1 中强调大规模的科学事业及大企业或基于新技术的企业的复杂生态系统，这在美国和欧洲十分流行，然而其对不太发达国家带来了巨大的挑战，因为其缺乏应需研发投入的资金。Sagasti (1980) 认为这带来了两种文明，一种文明产生知识且带来能从中受益的原则，但其他人（即发展中国家）被动地接受成为这种知识的一部分，也因此带来主权和自我决定能力的减弱。此外，由这种“第一文明”发展的技术对他们来说是不利的，因为发展中国家没有相应的能力，基础设施和其相应的环境(Stewart, 2008)。这些对立的框架认为发达国家科学进步和创新本身具有受益性的属性使得不太发达国家的学者和政策指定人员对其作出了回应。

沿着 Prebisch (1950) and Singer (1950) 早期的研究，对进口替代的信条使得一些国家，特别是拉美国家，从趋向更加自由主义的国际交易关税的一般趋势里撤离，从而建立他们自己的创新能力并培育产业。东亚国家也实施了同样类型的政策，虽然其更加针对一些特定产业，并有更加清晰的意图来建立出口能力而非寻求进口替代。虽然这些政策在 20 世纪 90 年代被大量地舍弃了，许多学者认为这些政策对东亚国家具有正面地影响，一些人比如 Colistete (2010)¹⁴ 认为这些政策对拉美也有一些正面影响。这些政策的成功也促使了科技创新政策的第二个框架，其更加强调国家创新系统。

与 Schumacher (1974) and Stewart (1973) 相关的发展学认为应该号召与之相适应的技术运动来尝试驱动研究进步来产生能与发展中国家的发展环境相适应的技术 (Kaplinsky, 2011)。大部分时候，从这些运动中产生的创新主要解决贫困问题（即生产更好地烤箱从而可以使用当地的燃料）而非满足能够对发展中国家人民带来大量额外的收入增长。然而，从这次社会运动中兴起的观点在最近相关的一些作品中再次出现，如节俭式创新 (Radjou et al., 2012)，金字塔底端的创新 (London and Hart, 2004)，以及包容性创新 (Chataway et al., 2014)。这些思想被一个旨在扩大创新过程参与性被称为科技创新政策的第三框架整合起来。

¹⁴ 在两种情况下，这些政策废弃的重要原因都是因为国际压力

3. 框架 2：国家创新系统

框架 2 的兴起是对意识到框架 1 的不完整性和此模式下带来的问题的回应。二战后经济持续增长，直到 20 世纪 70 年代的石油危机以及 1981 年的大萧条（在欧洲常称其为经济危机）加剧了国家之间的竞争，并使得国家产业创新和生产效能的差异更加突出。这在 20 世纪 80 年代更加明显，高收入和低收入国家的趋同十分缓慢，这是框架 1 不能解释的——其认为科技知识是全球公共产品——原则上能够为全世界每个人所用。其假设技术转让可以完成全球范围内的成功追赶，但实际除亚洲四小龙外，这并未在别处发生。在第一框架下，对这一情形的一个可能解释是发达国家在保护并隐瞒其科技知识，因此不让其他国家在追赶过程中使用其知识。Soete (1985) 对此观点持有异议，其观察到在一个产业结构里，往往有小或者中型技术型企业愿意卖技术（比如通过专利许可，卖先进产品，或者被以比再生产他们技术隐性成本低的价格采购）。这些框架 1 下不能解释的谜使得学者们开始重新审视支撑其框架的创新线性模式。学者做了四个重要修正。第一，科技知识常常包含着许多隐性元素而非作为一种公共产品。知识并不能完全跨越地理和文化界限而无障碍地流动，相反其具有粘滞性（‘sticky’）(Von Hippel, 1994)。第二，从世界范围内通过研究网络和研究人员获取知识的能力取决于其吸收能力（‘absorptive capacities’）(Cohen and Levinthal, 1989)，此能力需要有相关研究和应用的先前经验。第三，“吸收能力”是一种社会能力而不仅仅取决于受教育的水平，也取决于教育的质量和社会创新的能力。¹⁵第四，技术变革被认为具有累积效应且具有路径依赖性(David, 1975; Arthur, 1983)。改变原有搜索和提升路径的颠覆性创新（路径颠覆）和用以巩固现有优势和中心且常常阻碍新进入者的累积性创新（路径巩固），两者之间相互制衡。

对创新模式根本性地修正表明各国在创新能力和对学习过程的关注，以及社会中不同主体之间联系方面存在重要地差异。Freeman et al. (1988) 和 Lundvall (1992) 使用了国家创新系统来辨别产生和使用科技知识的组织配置之间的差异性。此方法的核心是一些配置可能更加有效，这种差异带来了世界范围内生产和创新绩效的巨大差异。尤其

¹⁵ 对企业家精神的推动常常被作为亲商业和反政府政治情绪的替代（即偏好私营而非公共集体行为）。然而，其也反映出社会准则中对采取新举措和基于现有举措的改善中常常涉及到对新业务的建立。

是，Freeman et al. (1988)认为日本在技术产出和使用方面已经做出很重要的组织创新，这解释了其为何可以成功追赶且其企业能够在一些先进制造业比如汽车和电视机方面超越。Linsu Kim 也做出了一些重要贡献，其认为韩国追赶的成功不仅仅在于 R&D 的投入而且在于其本土化地学习而带来的发展(Kim, 1999)。这些观点被近期逐步兴起的实践认知互补——创新常常由用户发起(von Hippel, 1988)或者通过应用研究、发展和商业活动之间相互的反馈，Kline and Rosenberg 将其称之为创新的链式模式(Kline and Rosenberg, 1986)。

Freeman (1987, 1988) 提供的国家创新系统的版本里，这些系统有着国家的特征，反映为制度和政策的差异。在 Lundvall (1985, 1988)的版本中，学习能力则被作为中心而被额外强调并作为一个国家的特征，用于国家层面的各种组织。对这些系统的区域政治界限的合理性假设包含两个方面：制度和政策很大程度上设立在国家层面，知识不能脱离其社会文化环境而自由流动。创新系统思考的另一个合理性体现在其对跨越不同地理空间的知识‘粘滞性’的强调，表现为区域创新系统，或者由一个产业和其相关技术问题而带来的不论国家界限的同类型组织的认知联盟，形成部门创新系统（对这些差异的充分讨论详见 Edquist (1997)）。

3.1. 政策干预的合理性

理解创新系统文献兴起的社会历史环境很重要。其兴起于尝试解释东亚经济体，首先日本，然后四小龙（台湾，韩国，新加坡和香港）和最近的中国的经济飞跃。其解释是，这些国家变得具有竞争力是因为其国家创新系统，从而使得其能够在全球贸易和金融中处于优势地位。对竞争力的强调这点和新自由主义的相关思考一致，然而框架 2 明显背离于新自由主义的思想而强调政府塑造具有竞争力的国家能力。

从新自由主义经济学视角，全球化被视为是自由交易和投资带来国际竞争力的基础，从而带来生产和分配的有效性的国际体系的扩散。¹⁶然而，虽然这一观点有许多正向论证——但全球化的进程中提高许多人物质生活质量的同时却也使得许多人贫困。虽然许多非发达经济体的国民总收入有了大幅度提升，但这些收入在国内的分配却在大多数情况下却比之前更加糟糕，而且发达国家和贫穷国家之间的收入差距更大了 (Keeley, 2015; van Zanden et al., 2014)。从框架 1 和框架 2 的视角看，产出和就业的增

¹⁶ Friedman (2005)已对新自由主义视角阐释。

长被认为是国家和其公民未来经济福利的核心。增长落后带来对一个国家在国际市场中竞争力减弱的恐惧，且由于逐步增长地进口，将难以维持国内企业贸易产品的产出。这也会威胁到政府通过高税收来分配收入地能力。因此科技创新政策的一个核心目的是保持竞争力——此目的常常为重商主义者所用，因为变得更加竞争力可以通过出口而刺激源源不断地增长，同时保存国内生产在国内消费中占有主导份额。¹⁷

国家创新系统因此与基于贸易优势而非国家威望或者军事力量竞争力的议程互补。对这种议程的倡导（直到今日依然很具有影响力）认为政府应该协助建立一个国家创新系统用来保护或者扩展国内企业的竞争优势。这种以竞争性为导向的议程的合理性保留了框架 1 的视角，对研究的干预仅仅限制于竞争前的研究，即产品设计上游的知识创造。这种限制极大程度上由于政府支持或者半重商政策是被禁止的，因为其要保持国际贸易竞争的公平性。学者对此类政府干预行为或赞成 (Graham, 1994) 或反对 (Cohen and Noll, 1991)。框架 2 视角会更少关注于对研发的支持而更加关注于系统内各个利益相关者之间的学习能力。Mazzucato (2013) 近期关注于政府作为新技术发展中高风险承担者的角色，这种活动涉及到下游和更加具有目的性的科学投资。更一般性地，她关注金融对国家创新系统的作用，其角色被许多国家创新系统政策和方法忽略了。她认为政府需要有长期且耐心地金融支持从而使得技术商业化和扩散成为可能。

至于政府干预的治理模式，框架 2 认为创新系统里利益相关者之间的协同和联盟是有利的，以避免系统失灵——即缺乏协同和合作。其他系统失灵也是有可能地，包括旨在促进研发和创新的政府政策被既得利益者掌控，创造出打着提升研究合作和协同旗号的垄断联盟。此框架下，这些问题应该由被分开的监管部门或者中央政府机构去处理，但这些机构由于基于提升国家竞争力的考量，常常由于害怕相对其它大型跨国公司丧失竞争力而不愿意对国内的龙头企业采取行动。¹⁸

3.2. 创新模式和相关行动者

虽然框架 2 看起来有许多行动者可以提高创新系统，但其维持着框架 1 技术推动的视角。框架 2 模式下，用户虽然被特定地认为可以作为创新的可能来源，且用户和生产

¹⁷ 当然其带来 Smith (1960 [1776]) 所提出的关于经济可持续性的问题，其基于早期的重商主义的实践带来了当时及近代历史中间歇性的关税增长和国际贸易的崩溃。

¹⁸ 例如，1999 年，由于意识到的大型外资银行的威胁，美国废除了用于监管银行过度集中的格拉斯-斯蒂格尔法案 (Glass Steagall Act (1933))。

商之间的关系被认为很重要，但用户的作用仅仅被限定为为企业知识生产过程中和其他知识提供者比如高校提供输入。

框架 2 所基于的创新模式对政策实践具有很重要的启示。其从之前对创新的线性模式理解逐步到一个更加交互的模式——如链式模式所示。一个与我们区分框架 1 和框架 2 类似的十分重要且相关的工作是吉本斯将知识生产结构区分为模式 1 和模式 2(Gibbons et al., 1994)。其将模式 2 知识生产的特征区分为五种：1) 知识是在应用过程中逐渐产出的；¹⁹2) 超学科，学科之间框架的融合或相互渗透以产生应用环境下研究的新的共识框架(p.29)，3) 异质性和组织多样性，反映知识生产中涉及到创造者的多样性，4) 社会问责和自反性 (reflexivity)，涉及到研究过程中一系列的专家以适应道德和环境关怀，²⁰和 5) 质量控制，由于知识是在应用中产出的而非在已建立的学科和这些学科相应的自我指认的规范上，传统学科以同行评议确保好科学的评价方式变得更加复杂。Gibbons et al. (1994) 建议应该进行相应的制度改革，应该特别关注政府直接的研究资助（如公共研究实验室）与产业研究和大学研究之间的关系，以形成网络促进相互之间的协同和合作。其对机构之间连接和交互的关注与框架 2 的国家创新系统产生很好的共鸣。

其它与框架 2 相关联的研究和政策倡导有三螺旋 (Etzkowitz and Leydesdorff, 1997; Etzkowitz, 1998, 2008) ——主要指政府、产业和高校之间逐渐交织的属性。与 Gibbons et al. (1994)相似，三螺旋相关研究的学者也致力于描绘和分析机构之间逐渐兴起的新的合作模式，考虑治理过程中这些不同机构之间利益的一致性，以及对每种机构提供相应的指导使得其通过改革的方式促使国家创新系统的功能更加有效。三螺旋研究的一个重要元素是高校应该变得更加具有企业家精神，通过衍生培育新企业和通过高校研究许可技术。

知识在不同区域之间转移的困难性促使了对地理区域影响的重新审视 (Gertler, 2001)。最初的研究强调产业集群存在的重要性 (Castells and Hall, 1994)，其建议政策应该聚焦

¹⁹ 根据 Gibbons et al. (1994)，知识生产正在更加社会化，knowledge production was becoming more 'socially distributed' and had 'transcended the market' (p.4) 虽然他们的工作持续性地聚焦到大学和产业知识生产而仅仅隐射了(p.37) von Hippel (1976, 1988)的参考文献，'潜在用户和商户对创新研究有着直接的影响。'事实上，von Hippel 这两部作品中所指对科学仪器和其它领域的创新做出重要贡献的为用户。

²⁰ 这预示了我们在框架 3 中对这些问题的讨论。Gibbons et al. (1994) (pp. 7-8 及其作品中一些简单的参考文献) 表明问责性机制和自反性制度已经存在。然而几乎没有证据指向这一结论。

到某一特定类型的活动，比如马来西亚多媒体超级走廊（the Malaysian multimedia corridor）(Bunnell, 2002)。然而后来的研究表明治理的问题尤其重要而且难以复制 (Cooke, 2001)且邻近性（proximity）从不同的方面同时具有潜在危害和正向效应 (Boschma, 2005)，从而进一步提出了知识的‘粘滞性’（‘stickiness’）。

在行动者和创新模式方面，框架 2 的变化反映在对应用知识产生和流动过程中新的认知。相对模式 1 从基础科学到应用性研发到商业化的线性模式，知识生产是一个国家、部门和区域系统中不同行动者交互的过程。这些交互涉及到交互学习的过程和能力建设来吸收和适应知识，这个过程常常受到地理和认知邻近性的影响。要使得这个过程有效，这些不同相关行动者的目标和交互能力必须一致。这种模式下，许多分析聚焦到比如美国的硅谷（Silicon Valley）(Kenney, 2000) 或者 128 公路（Route 128）(Saxenian, 1996) 或者英格兰的剑桥郡区域（the Cambridgeshire area of England）(Garnsey and Heffernan, 2005)。然而学者就这种模式在何种程度上受到了政策的影响方面很少达到共识。

3.3. 框架 2：政策实践

对框架 2 视角下不同干预相对有效性缺乏学术共识导致了政策实践中存在很大程度的多样性(Steinmueller, 2010)。中央政府经过巨大努力建造高技术中心（比如法国的索菲亚科技园区(Longhi, 1999)）和科学中心（如日本的筑波科学城 (Tatsuno, 1986)）。地方政府也尝试通过投资新技术型企业重振地方经济比如美国北卡莱罗纳州的三角研究园 (Link and Scott, 2003)。这些努力有成功也有失败，从投资期限看成功的国家和区域的发展似乎和倡导这些计划的政治决策者的任期有很大关联。

许多国家实施政策旨在提升创新系统里各个利益相关者之间的协同和联盟。这些政策常常涉及到资助限制，比如研究资助以与其它组织网络参与为条件。这些条件被用于大学，企业和公共研究实验室的经费申请。免于竞争政策——限制特定产业中同类型企业的会面和合作以鼓励更广泛的研究网络的形成 (Jorde and Teece, 1990)。技术预见也被用于作为各个主体之间更好交流、协同和达成共识并生成共同志向的工具 (Martin and Johnston, 1999)。

相对框架 1，框架 2 一个特征是其给予了行动者很大的关注，且其对创业精神的强调。企业家的特质是熊彼特作品里很重要的内容 (Schumpeter, 1947, 1949)。然而，直到 20 世纪 80 年代政策才特定关注培育企业家精神，其涉及到对新企业的形成和成长

支持，尤其是那些使用新技术的企业成为政策的核心关注。对基于新技术企业的推广(NTBFs)²¹和强调市场有效性和企业大小与创新的程度和属性之间并无关联的新自由主义观点之间并不相融(Kulicke and Krupp, 1987)。然而，当行动者被明确考虑时，对这些企业的关注和驱动，以及对其创始者的企业家精神特质的关注，表明政府的推广政策应该对这些类型的企业给予特别的关注。这些政策也反映出对就业的日渐关注，以及相应的观察表明在大部分的经济体里，中小型企业提供大部分的就业。大部分情况下，这相对来说是个问题而非优势（相对于他们大的竞争对手，这些中小型企业一般没有资源或市场去投入研发或者去大规模推广新技术，因此他们常常有相对较低的生产力且会更容易破产）。然而以新技术为基础的企业特征表明，他们是新技术的先驱，一些企业具有高就业和产出增长率。这些新技术为基础的企业也可以促进和创造一个更加多样化和专业化的国家创新系统，使得大企业能够从许多的小企业中筛选新创意而不仅仅是依赖内部的研发过程。

框架 2 也建议一个新的政策关注即技术扩散和接受。系统方法强调供需方的连接，其可以通过非市场和市场过程作为媒介。许多现代技术涉及到不同部门之间企业的协同比如航空航天，电子工业，复杂产品和系统（比如飞行模拟器）和零排放的建筑涉及到的不仅仅是大量的科技知识，而且这些知识是分散在许多特专业的企业中。为了使得这些部门形成并维系他们与客户之间的关系，需要充分稳定的投资且构成这些部门的企业之间的关系网络也要充分地协调。历史上这些需求和协同的问题常常是通过政府采购的方式解决。虽然政府采购依然很重要，但私营部门对这些跨部分的产品和服务的需求急剧增加（部分由于之前电信和交通领域政府性企业的私有化）。私有化不仅仅引进市场调节机制，而且重新塑造了这些部门和非市场主体之间的关系。政府对这些企业改组时可以选择是完全按照自由主义的思想还是应该进行一定的政府监管推广和干预。²²

框架 2 中的政府政策实践涉及到教育和旨在支持企业和其他组织吸收能力的劳动力培训。当对知识产出和分配进行超越框架 1 线性模式的深入分析时，吸收能力成为许多

²¹ 作为一种描述性的类型，基于新技术的企业已经存在于产业性能的回顾里。

²² 一个纯粹的自由主义是极少见的，因为政府常常会干预诸如标准化和监管以及成为重构产业部门的大用户。

非市场能力里最凸显的一个。²³在发展中国家，教育和技能培训政策常常涉及到某些特定科技的工具性技能。在发达经济体里，自由无干涉主张的教育政策和技能，和为某种特定领域培养人力资源的劳动力发展政策之间有着持续的张力(Machin and Vignoles, 2015)。

3.4. 框架 2：其它或与其相对立的框架

国家创新系统和相关的（部门和区域创新系统）框架的构建基于知识共享和雇佣专业研究人员机构之间的合作。其带来的后果是技术选择和方向的过程中缺乏广泛的社会讨论，即便这些机构合作的网络有时是由于政府干预的结果，这些公众讨论依然并没有被整合入网络体系里。也因此，国家创新系统框架依然延续技术统治政治思想下的增长框架（框架 1）。两个框架正如在其政策讨论中表明的，都认为研发投资和创新具有正向作用。这种投资或许会被批评而因此受到环境和道德限制而被停止，但其并不能提供由多个利益相关者包括用户和公众参与的多样性的路径或者其它选择。其它或者与其相对立的框架明确地引入参与和包容过程，被授权和辨别其它选择并影响或者针对其它可能的选择做出抉择。这个过程不应该完全仅由科学家团体来决定。

备选框架表明应该将选择的过程对包括处于边缘群体的所有利益相关者开放，从而使得他们能够发声并参与和影响什么样的研究和资助应该被选择。这个问题在最近 Dutrénit and Sutz (2014); Lundvall et al. (2009) 和其他学者在讨论国家创新系统方法时候有所讨论。他们问的问题包括为何这种国家创新系统的方法很少关注发展中国家的问题。他们最核心的聚焦是其认为国家创新系统的方法带来了社会排斥，他们强调需要通过参与式的方法从而使得知识产出过程民主化(Dutrénit and Sutz, 2014)。从 20 世纪 70 年代开始，在欧洲和美国的批判和争论中便有对更多和更广的参与式方法的呼吁。但它常常带来单方向的公众对科学的理解的举措，致力于公众理解为什么对某项科学的支持是值得的(Miller, 2001)。然而其也带来了更颠覆性的政策实践建议，比如建构性技术评价（Constructive Technology Assessment），交互式技术评估（Interactive Technology Assessment）和参与式技术设计（Participatory Technology Design）来帮助辨别现有变革和发展路径的后果和其他可能路径的选择 (Rip et al., 1995; Irwin, 2006)。

²³诸如包括供应商和价值链管理、市场形成和知识管理等构建网络的能力是一些非市场能力的例子。虽然这些能力中的一些能力可以通过市场交易的方式获得，但在这些交易中涉及到的选择本身需要企业和组织内部具有相应的能力。

3.5. 总结

正如前面所介绍的，框架是持续存在的。科技政策的第一个框架是基于科学是长期经济增长基础的假设，创新则大量涉及到科学发现的商业化，这也存在于现代的讨论中。这个框架下的许多政策实践依然存在实践中，尽管许多已经得到了修正以适应与之相对立的经济政策框架，比如新自由主义限制政府的干预并倾向于市场发挥作用而非政府政策，包括创新政策。科学团体里的代表常常争辩认为其团体应该保持独立性，追求好奇心驱动的研究是其主要价值，且对巨大重要的创新负责，这个观点和框架 1 和框架 2 一致。

对框架 1 相关政策实践的反思导致了对仅仅关注研发的疑问。其认为对经济体里研究结果如何被利用和吸收的关注十分重要。框架 2 的兴起旨在通过企业家和制度之间联系来增加吸收能力。

随着时间推移，很明显科技创新过程在时间和空间方面是不平等的。重塑某些特定产业部门的创新集群被描述为是颠覆性或者重要创新，因为其对现有企业和工作产生影响。尽管框架 1 和框架 2 持有一般的乐观性，认为技术变革所带来的社会福利贯穿于 20 世纪，但发达国家的收入不平等却加深了。一些中等收入国家也陷入到依赖自然资源为基础的增长和贸易，尽管金砖国家（巴西，俄罗斯，印度和中国）是局部的例外，许多低收入国家很少能够成功追赶。我们并不清楚更多的研发投入和建立国家创新系统能否促使发展和追赶。而且对这些投资是否会减少不平等并帮助解决社会问题方面常常存有疑问。这些投资可能会加剧这些问题，因为仅仅一小部分的人口会成为这些投资的主要受益者。另外，由温室气体排放带来的气候变化，由家庭和工业产生的大量垃圾所带来的环境影响，和由第 1 和第 2 框架下所追求的经济增长所带来的其他外部性表明对创新进行事后监管的模式不能够解决这些外部性问题。要解决这些社会（不平等、贫困）和环境问题，需要关注社会技术系统的方向性问题，这需要一个参与式和包容性的方式。这些特征是不容易被框架 1 和框架 2 所涵盖的。

4. 框架 3：转型性变革（transformative change）

过去十年，政府已经意识到创新的目标必须要应对社会和环境挑战。气候变化、消除不平等、贫困和污染等问题都已经转变为科技创新政策的挑战和机遇。欧盟通过一些举措，比如 2020 地平线项目（Horizon 2020），期望创新能够解决一些挑选出来的社

会挑战，能够促进比如低碳和包容性经济的转型²⁴。2015 年的隆德宣言（Lund Declaration）明确地提出应优先训练新一代的研究人员，具有优秀的研究素养，具备处理社会重大挑战的技能²⁵。此外，最近签署的巴黎气候协议设定了在本世纪下半年达到零碳排放的宏伟目标，且联合国（2015）设定了 17 个可持续发展的目标（SDGs），号召更加绿色的生产、提高社会公平、福利分配的公正性、可持续消费模式和经济增长的新模式。

我们可以寄希望于创新为这些挑战提供些解决方案吗？科技创新政策基于的假设是创新能够创造一个更加美好的世界²⁶。其认为，开发新的技术可以带来更加高效的生产力和经济增长，从而更具有竞争力。其它的外部性问题均可以通过监管等进行管理。因此创新政策主要聚焦于促使研发投入以及建立国家创新系统。其认为这样的创新政策可以带来绿色增长，政府可以通过投资绿色技术的使命来减少污染以及保持环境清洁。其还认为可以通过经济增长过程中创造新的工作机会以及通过收入的再分配方式而消除不平等。然而，这一切要在以下假设成立的前提下才成立，即即便在全球化的背景下，政府也具备持续而长期性地投资清洁技术的能力，以及即便面临各种逃税手段，政府也能够有效地进行再分配，其不会贪污腐败且不会被其它的投资和再分配的利益而驱动。但一个巨大的挑战是，政府是否具有这样的能力来交付我们以上所期许的功能。

对国家政府权力的潜在侵蚀其实并不是主要的挑战。一个更加根本性的挑战是经济增长带来的外部性，比如气候变化是否真的能够通过事后处理的方案，比如对清洁技术的投资以及再分配的举措，或者甚至通过强政府来解决。我们的提议（proposition）是以现有研发和国家创新系统为主导的科技创新政策的框架并不能够解决环境和社会挑战。一个很重要的原因是框架 1 和框架 2 认为刺激创新是具有积极影响的，却极少反思这样的事实——即创新常常具有一定的方向性。当然，这两个框架意识到技术发展可能在短期内会导致一些坏的结果，但其认为其长期总体的受益可以补偿这些缺陷。例如，创新可能会带来一些正经历颠覆式技术变革的部门的失业问题。然而，从长期来看，每个人可以从其产生的高质量的工作中获得受益。正是因为此原因，熊彼

²⁴ European Commission, KI-31-12-921-EN-C

²⁵ https://www.ukro.ac.uk/authoring/researcher/Documents/151215_lund_declaration.pdf

²⁶ 除了军事安全强调的目标是避免世界变得更糟糕。

特认为技术变革的是一个创造性破坏（creative destruction）的过程。然而，Soete (2013)提醒我们，创新也可能会带来破坏式地创造（destructive creation），即以大多数人的利益为代价受益于少数人，导致低质量的工作，且相对解决的问题而言其带来更多的问題。我们认为，现在是时候意识到在我们现有的创新政策框架里，许多技术已经深深嵌入到各种长久存在的社会和环境问题里。创新带来了现如今资源高度依赖，过度浪费和基于化石燃料的大规模生产和消费模式 (Meadows et al., 2004; Bardi, 2011; Steffen et al., 2015)。且其直接导致了不平等问題，因为现今的创新路径偏好于高技术解决方案，认为其能带来高质量和广泛的基础设施，以产生基于大规模生产的产品，以此来满足具有较高购买力的消费者(Kaplinsky, 2011)。如今的创新政策可能会带来经济增长，但常常加剧不平等问題。即便在快速经济增长的中国，也一样伴随着日益加剧的不平等问題(Dutrénit and Sutz, 2014)。一个新的科技创新政策框架，框架 3 的出发点是不要把创新等同于社会进步，即便在实施了具有矫正性的社会政策的情况下也不可将两者等同。毕竟，创新自身可能会带来一系列日益增长的外部性问题。在这样的情况下，技术创新政策又怎么去解决社会和环境的三重挑战呢？

我们认为为了应对诸如可持续发展目标这样雄心勃勃的挑战，需要一个新的创新政策框架。这个框架被我们称为框架 3，其旨在转型性变革。这带来一个问題——什么需要被转型？基于可持续转型领域的研究，我们认为需要对构成现代社会的主要系统，如能源、交通、食物、水、健康、通信等的社会技术系统进行转型 (Grin et al., 2010; Markard et al., 2012; Steward, 2012; OECD, 2015)。社会技术系统转型不同于仅仅提供新的颠覆性技术的解决方案。例如，科技创新政策可关注于对电动汽车的引进和对其短板的克服，比如支持电池发展等。但若电动汽车仅仅是目前燃油汽车的替代品，我们依然生活在被私家车主导的交通体系里，这样我们依然不能达到低碳和包容性经济发展的目标。前者（从燃油汽车到电动汽车的转型）虽然实现了产业的转型，但还是未能满足可持续发展的目标。因此，我们认为若创新政策聚焦到支持一种新的交通体系，在此体系里私家车的所有权不再重要，比如利用其它的交通模式，小型的出租卡车、公共交通、步行和骑行等，结合着各种公司提供的租用电动汽车，并致力于利用 ICT 技术提供出行服务，这样的创新政策会更有效。在这样一个新的系统里，进行交通规划，以及减少个体流动性就成为所有利益相关者的目标，这甚至可以成为个体现代化行为的象征。这就是我们所谓的社会技术系统转型，其意味着社会、行为和技术变

革交互影响的过程。社会技术系统转型涵盖对技能、设施、产业结构、产品、监管、用户偏好以及文化偏爱的转变。其是对形成社会技术系统配置的所有元素的颠覆性变革。这也使得系统转型十分困难，因为这些元素倾向于相互依赖从而相互之间不断强化。转型涉及到社会创新，因为其聚焦到许多社会元素以及与这些元素相关联的技术机遇。它可能既包括高技术方案也包括对旧技术的再创新（例如上述交通例子中的自行车）。系统转型常常包括多个利益相关者，社会公众，以及用户都可能会在转型中扮演重要的作用——而不仅仅再只是作为需求方被动地接受公司层面提供的创新产品 (Oudshoorn and Pinch, 2003; Schot et al., 2016)。

4.1. 政策干预的合理性

Weber and Rohracher (2012) 已经探讨了各种创新政策干预的合理性。他们认为用于支撑现有创新政策干预的市场失灵和系统失灵应该被旨在促使转型的创新政策补充。我们同意转型的框架需要一个强的话语体系，而对各种失灵的分析可以看成是一个好的开始。Weber and Rohracher 认为促使转型创新的政策开始于辨别的四种不同的失灵：方向性 (directionality)、政策协同性、需求的强调和自反性。这是一个很有用的框架，我们将在此框架基础上进一步发展。

方向性的失灵指缺乏手段以促进社会选择其它可替代的发展路径。转型创新的框架将方向性问题作为出发点，并强调需要利益相关者共同设置优先级。其过程需要基于审议 (deliberation)，不同的观点也因此会带来冲突。其最终旨在建立被 Weber and Rohracher 称为一系列可接受的发展路径的集合²⁷。Stirling (2008; 2009) 令人信服地论证了，要对不同的路径开放，不要太快或太迅速地做出偏好或者反对某一特定路径的论断十分重要。在处理方向性问题上，需要考虑在位者 (incumbents) 设定的比较窄的边界之外的所有可能选择。这需要培育不同利益相关者挑战现有社会技术系统中主导观点的机遇。²⁸然而我们认为，在这个开放过程中的某个时刻，需要关闭相关的探索并聚焦到特定的某些路径选择。这并不仅仅是因为解决方案需要集中的资源以及建

²⁷ 其对方向性的定义比 Stirling (2008,2009) 中所定义的要宽泛些。Stirling 主要聚焦到过程的一端。创新政策需要打开一系列可能的不同转型路径。This definition of directionality is broader than the one advanced by Stirling (2008,2009). Who focuses more on one end of the process; the need for innovation policies which open up a variety of different pathways.

²⁸ Stirling 等人发展了一个非常有用的多指标的工具箱来支撑这一过程。见网址：<http://www.sussex.ac.uk/mcm>

设相应的能力，而是要防止在（从转型的角度）看起来并不特别具备前景的选择上持续不断地投资，这将会阻碍可持续发展路径的扩散。方向性失灵的问题不仅仅是指缺乏对多种不同选择路径的考量，而且指缺乏对这些不同选择之间、可持续发展目标之间以及其它社会挑战之间关联性的关注。转型创新政策也因此面临着事前（*ex-ante*）和不同群体愿景和利益之间持续权衡的困难。转型创新的治理应该意识到其最终目的：这是一个政治进程，应该提供对一系列路径以及做出某些特定选择的协商和评估的空间。在此协商过程中，不同群体的愿景不必完全一致，利益相关者需要意识到他们可以与之关联的比较有吸引力的元素以能够达成共识并进一步推进进程 (Grin et al., 2010: 335)。

政策协同失灵指缺乏能力对多个领域的政策进行横向协同。这区别于框架 2 的协同失灵，其主要指科技创新领域各个主体之间协同的失灵。旨在促进转型性变革的创新政策的协同失灵指健康、交通、能源、食品和农业部门之间政策的协同，此协同显然在这些领域进行社会技术系统变革时十分重要。由于转型变革需要转型许多系统，且最后要转变经济和社会的结构，因此与其它政策包括税收政策、经济政策、社会政策的整合十分重要。最后，而且需要克服多层级的包括地方，区域、国家和国际政策的政策协调失灵。转型变革因此需要一系列政府的方法；然而这样的方法会倾向于官僚作风，带来巨大的交易成本和被在位者控制以繁荣现有主导的社会技术系统。因此，对通过建立委员会来协调以及其它协调结构比如国家研究创新理事会（*national research and innovation councils*）的一般方法是否能够克服这种政策失灵是令人存在疑问的。

我们认为转型创新需要解决协调失灵的问题，这可以通过在构建转型创新路径过程中提升其相互协同性。这个协同应该是在共同努力实现转型创新过程中逐步兴起和开放式的协调。Kuhlmann and Rip (2014)提出的试探性治理（*tentative governance*）正体现了这种精神。其被定义为一种具有临时性、可修改性、动态和开放性的方法，包括试验、学习、自反性和可逆性。试验的理念是可持续转型研究文献推动的，比如通过战略生态位管理（*Strategic Niche Management*）的理念 (Kemp et al., 1998; Schot and Geels, 2008)，是实施创新政策协同的一种方式。此处试验被认为是一种暂时的空间，在此空间里行动者共同形成多种具体的路径，这些相关者包括政策制定者和其它行动者，如商业、社会、用户和私营资助者。战略生态位管理应被看成是一种新型的政策方式和活动，甚至是一种新形式的转型治理，而不仅仅是一种试点或新方案示范的方

法(Turnheim et al., 2018)。但现实实践中常常很难保证这样一个空间可以超越经典的技术主导的示范和试点项目。战略生态位管理强调的试点要求利益相关者拥抱不确定性并接受失败作为其学习的过程，聚焦到对新的共同的期望和愿景的关注，建立新网络以及塑造新市场（被称为利基（niches）），其最终会挑战主流市场和机构里主导的实践。

最后，自反性失灵必须要解决。对 Weber and Rohracher 来说这个是监管、期望，和在自我治理过程中能涉及所有利益相关者的能力。这些确实很重要，但我们希望强调一个特定形式的自反性失灵，其与深度学习（或者二阶学习（second-order learning））相关联，其学习发生于行动者开始质疑他们关于比如交通和能源消费的基本假设 (Schot and Geels, 2008)。在政策制定过程中，常常测试不同的技术选择以挑战现有的稳定偏好，比如上述电动汽车例子中挑战现有的交通需求和通过私家车进行长途旅行的偏好。因此对新的交通服务模式的培育而非对电池开发的强调——因为电动汽车被认为是现有燃油汽车替代品而非是一个新的交通系统的奠基石。深度学习假设相关主体批评性地审视他们地偏好并对其它选择进行试验。这个是应对自反性失灵应该关注的：鼓励以一定的距离（这可以是一个想象的的未来或者一系列社会和环境变革）对现有行为和偏好假设进行审视——一个人会深度嵌入到自己的习惯，从而使得集体行为和社会技术变化趋向于优化现有路径而非转型性变革。

4.2. 框架 3：创新模式和利益相关者

框架 3 所基于的创新模式中，实现可持续、平等或者其它社会需求的目标并没有最佳路径。相反在创新系统过程中（包括发明、创新和扩散）涉及到多个主体协商以能够实现系统变革的多种其它可替代路径。在这种框架下，创新必须要进行试验，因为一开始，并不知道什么路径能够满足要求或者可对其进行大规模应用。只有通过一系列具有不同动机和偏好主体的经验积累，一个可被广泛接受的路径或者多元化的路径才能被辨识并追寻。试验的目的是系统性和颠覆性地变革，这是基于对现有系统进行微小地改变极有可能是无效地假设。虽然目前还并不清楚怎样能够通过试验产生转型性变革，怎样能够超越现有的试点以及怎样鼓励随后的利基发展。如何锚定并扩展试验在现有文献和实践里还未得到充分解决 (Kivimaa et al., 2017)。

可持续转型相关研究表明虽然有政策支持试验来构建其它可替代利基十分重要，但这并不是充分条件。政策组合还应该促进对现有锁定的社会技术系统进行去稳定性

(destabilisation) (Turnheim and Geels, 2012; Kivimaa and Kern, 2016; Rogge and Reichardt, 2016; Kern et al., 2017)。从现有系统里受益的在位者网络可能会有很强烈地抗拒。这些网络常常包括产业、政府的某些部门还有用户和公众。这些主体并未意识到应该改变其行为，且相信他们可以通过现有的框架应对挑战。固本性 (incumbency) 不仅仅是由于既得利益和组织承诺，而且是因为认知锁定和价值观，因此最后其涉及到主导的监管、认知和规范性的集体规则，从而使得其深度嵌入在当前的社会技术系统。显然，任何新的政策尝试必须引导现有政策并找到方式来创造一个对现有和新政策相对富有成效的加层。

框架 3 本质上不是科技监管，对这点的强调十分重要。相反，其聚焦到创新作为一个在系统层面上搜索的过程，由社会和环境目标作为引导，基于经验和与经验相伴随的学习，以及重新审视现有制度安排的意愿以去惯例化 (de-routinize)，从而解决社会挑战。支持框架 3 的基础是，如果创新过程是包容性地、试验性地且旨在社会技术系统各个方面的变革，则可能更有效地达到这些社会目标。由于现有社会技术系统将会受到从现有社会技术系统里受益的政策制定者、用户、产业和公众团体地保护，他们认为不需要系统性地变革，因此转型创新政策关注科技的权术性 (politics) 而不仅仅是对政策本身的关注变得十分必要。这种权术过程应该倡导为试验开放空间，社会学习、公共辩论、引导性和协商性，正如在早期的建构性技术评价概念所倡导的 (Rip, T.J. Misa and Schot, 1995; Schot et al., 2003)。

框架 3 基于框架 1 的创新模式，关注研发投入，以及对有用知识流动中政府和研究共同体之间的互动是很核心的，此外其还关注扩散的问题。框架 3 也基于框架 2 的系统思考——聚焦于增强创新系统的吸收和学习能力——通过建立生产者和使用者之间的知识网络，促使这些机构的协同和联盟以促进技术变革，促使以服务增长、就业和国际竞争力为目标的创业精神。框架 1 和 2 的创新模式认为社会和环境目标可以通过经济增长和生产力提高出现的剩余进行再分配，以及技术专家精英来监管外部性以服务于社会和环境目标。相反，框架 3 涉及到审议和探讨这些社会和环境目标以及其基本价值并将其嵌入到系统变革过程中。其基于这样一种信仰，即包容性审议的过程可以提供更多共同的承诺以寻求应对社会和环境挑战的更加有效的解决方案，并意识到这些方案使得试验和学习实现社会和环境目标的根本性的假设和价值的必要性。框架 3 意识到这样的事实即——这些假设和价值是在包容性审议过程中相互产生的，具有正

在形成的特征且需要进一步塑造并在系统变革过程中得以巩固。框架 3 不假设共识，相反其认为对创新的繁荣在于需要辨别多元性、并与纠纷以及冲突的世界观共存，意识到多元的主体均可以为创新做出其相应贡献，并使得创新过程能够对这些多元主体有一席之地。

对转型创新政策的发展和实施需要一个新的知识基础。不仅仅以经济学和创新研究为主导，而是一个更加交叉学科，其中可持续转型研究、科学技术论（STS）以及更加广泛的治理研究、技术史和其它领域都可贡献。由于转型是一个全球的过程，其需要发展学的深入参与。已经有迹象表明这些领域的交互正在兴起，但现有对创新政策的概述和研究范围常常十分狭窄 (Smits et al., 2010; Fagerberg et al., 2013; Fagerberg, 2016)。这表明转型创新政策的发展依然有很长的路要走。

4.3. 框架 3：政策实践

转型需要的政策行动可以被转化为新的公共使命，然而这并不充分，且如果方式不对可能会带来棘手的结果。公共投资本身并不能带来需要的系统转型(Kuhlmann and Rip, 2014; Foray et al., 2012)。如果以一种开放式且鼓励试验和多元化的方式构想使命时，使命导向的政策可以十分有效。公共、私营和第三部门相关主体之间需要以新形式建立网络联系和互动。

转型性变革需要改变生活方式，因此需要改变与流动（mobility）、水、能源、食品和其它资源使用的日常实践，这不仅仅要求个体的用户（或者消费者）且要对产业和专业的用户进行改变。最后，变革不仅仅要构建新的生产结构，而且要构建新的用户环境和具有新需求的市场及用户偏好(Ornetzeder and Rohracher, 2006)。Mazzucato (2015; 2016)强调需要主动地进行塑造和创造市场。这个过程不能仅仅丢给生产者，且需要涉及到用户，这些用户可以有以下一系列的作用：用户作为生产者（用户具有企业家精神）积极地提出新的解决方案；用户作为合法化者提供新的愿景和期望从而影响投资决策和政策转变；用户作为媒介以中间人的身份连接生产者和大批量的消费者；用户作为公众去游说更加广泛的系统变革；以及用户作为消费者形成新的生活方式、偏好和实践 (Ornetzeder and Rohracher, 2006; Schot et al., 2016)。这些用户参与的模式远远超过仅仅提高其意识或者通过一些措施来强调其已有的需求。相反转型性创新政策实践应该寻求一些方式来协助用户构建新的用户需求和市场环境。

在框架 3 下，转型应该映射出社会和环境的需求十分重要，其对新技术的搜索过程需要以提升对其对社会和环境的负面间接影响和后果的预期（anticipation）为引导。以可行性预期为引导的搜索过程是将框架 3 变为实践的优先方式。此过程可以通过连接预见活动和技术评估小组活动的实践来实现并促使形成可行性预期。但这些预见和评估活动的聚焦常常以对技术的大量的商业应用为宗旨，其旨在抓住下一波可能带来新经济浪潮的技术机遇，如在纳米技术或生物技术里的技术评估。在框架 3 中，预期的目的是辨别可试验的地方，且通过试验来检验能源和材料使用后的后果，及对新物理制品或信息使用和引入过程中对环境的影响，这过程很可能也能创造新的就业。预期性审议并不旨在形成蓝图，而是产生多种可能性和多元化的路径。它旨在维持一个集体搜索和学习的过程而非仅仅基于狭窄评价指标的短期评估和是或非型的决策。

预期有着推测的本质属性。虽然可以提高其实现的可能性程度但并不能预测即将到来的细节，只能通过试验和学习来实现。因此，预期必须和通过预期活动建议的一系列可能性的试验一起。回收比修复和升级更好吗？什么样的农业实践将会提供可行的替代品以替代现有所依赖的化石能源、化肥、交通和冲印？什么是达到碳中和建筑和设施最有效的实践？这些问题只能通过研发实验室之外的试验方式来解决。这需要社会试验（societal experimentation）。只能通过实践经验和深度学习，某个特定创新路径的优势和劣势才能被辨别出，并通过修改或者选择另一个不同发展模式来修正。深度学习应该是集体性地且能够促进这些群体认知和根本假设的改变，其类似于二阶学习（second order Learning）（Schot and Geels, 2008）。社会试验必须包括基于社区和公众的草根创新（Smith and Seyfang, 2013）。框架 3 设想随着试验的扩展，培育新的路径，且此过程中，挑战现有企业和与现有企业结盟且维持现有路径的政府机构。正如前面所讨论的，这会带来围绕可持续发展新目标的政治斗争，且其需要包括企业在内的现有体系经历战略性转型的过程（Geels and Penna, 2015）。在此过程中，具有媒介性的中介体对具有竞争力的利基、新愿景和政策的倡导十分重要（Kivimaa, 2014），构建利基和主导的在位者之间的网络也一样重要（Diaz et al., 2013）。

对预期、试验、学习以及形成桥梁网络和联盟的需要，意味着需要超越政府、市场和社会界限的新的制度安排和治理结构。它还建议涉及公共和私募融资以及新方式来分享和恰当地处理这些活动中的知识所得。除了这些新的制度安排，还需要连接现有制度以达到协同，以及从预期过程和学习过程中学习并累积的目的。这需要一系列技巧

来连接社会科学和科学技术工程和数学(STEM)领域，后者已经成为许多国家的优先关注以作为对面临的紧迫的国际竞争和通过提升生产率以促进经济增长的压力的响应。连接这些不同领域的技巧可以通过正在兴起的负责任研究和创新的实践来得以发展 (Stilgoe et al., 2013; Rip, 2014)。当社会技术系统的目标映射出一系列社会和环境需求以及更加包容性的社会福利的时候，若要实现可能的和令人向往的未来，这将会需要个体建立连接社会科学和科技发展领域的能力。这也意味着对教育政策的重新引导并最终形成一种与渴望向更加可持续方向转型相一致的教育学。

5.讨论

框架 3 对科技创新本身在解决可持续发展和贫困或收入分配不平等问题的固有不足存在根本性地质疑。框架 1 和框架 2 则认为这些问题是创新政策的外部性带来的。从这点来说，这三个框架的基本假设具有不兼容性。然而我们对框架 3 的强调并不意味着我们认为政府应该完全摒弃框架 1 和 2。对知识基础设施和研发的投入，促进国家、部门、区域以及国际层面创新系统里不同利益相关者建立有效联系，及对具有成效的交互关系和交互学习过程的鼓励，是任何科技创新政策中都很重要的元素。现实世界中的政策环境往往涉及基于不同合理性的一系列政策工具。不同政策工具的演化可归纳为三种模式：增加新的目标和工具（加层型 layering），增加新的理性和目标，但未改变政策工具（堆积型 drift），以及增加政策工具但未改变合理性（蜕变型 conversion）（Kivimaa and Kern, 2016）。我们在转型创新政策联盟的实践中，主要采取堆积型和蜕变型的模式，而极少考虑加层型模式（Chataway et al., 2017）。加层型模式可能会导致（政策的）不连续性，这也是我们对于整合三种模式思考的出发点：什么样的加层型模式有效？

我们认为通过某一特定的框架视角，用加层型的模式思考，可以避免各个框架和政策工具之间的不连续性。比如如果用框架 3 的视角去审视框架 1 和框架 2，则框架 1 下的研发投入则需要和正在进行中的试验和期望以及正在进行中的转型路径相一致。对监管是否造成了社会技术系统变革的障碍以及如何使得监管政策，比如通过技术驱动标准设定的方式，等更好地服务于转型过程，这一评估是十分必要的。框架 2 下的创新系统的建设和促进企业家精神的过程也需要打开。需要质问是否目前的创新系统和商业活动仅仅增加了相关多样性（related variety），从而加固了目前不可持续发展路

径的锁定，还是其也能促进不相关多样性（unrelated variety），从而促进其向着新的更加可持续的方向发展（Frenken, 2017）。另外，不仅仅要鼓励框架 2 下所鼓励的用中学，生产中学或者交互中学（这些学习方式是一阶学习的模式（first order learning）），而且要促进深度学习。而这种深度学习只能在创新系统可以接受冲突，多元和异议的情况下发生。从长远来看，应该鼓励框架 3 的举措从而来影响创新系统的构成元素，以及相应的研发投入的方向。

然而，即便政策制定者能够协调各个框架，从而以框架 3 的视角获得这些框架之间较为成效的加层，政策制定者依然要正确处理这些框架之间的不兼容性问题。这是因为框架 3 鼓励思考一系列问题-涉及到目前社会技术系统是否符合社会目标并最终影响创新过程的治理。框架 3 认为我们最终需要多个社会技术系统的转型性变革而提供更加可持续的食物、能源、交通、健康、水和通讯服务。这样的系统创新不仅仅需要改变生产系统，且需要改变再分配和消费系统，因此其涉及到经济和社会系统中的所有活动者，从而这种系统创新需要整个经济和社会系统都发生改变。这种需要系统层面上广泛渗透的改变可以被称为第二次深度转型（Second Deep Transition）(Schot, 2016; Schot and Kanger, 2018; Kanger and Schot, 2018)。这种转型是深度的因为其涉及到一系列目前社会深度嵌入的发展方向，比如大量生产，个体的大量消费，生产率，资源强度，碳强度，以及全球生产，这些方向是若干社会技术系统共同追求的方向。这些方向带来了一些国家大量的财富积累和福利提升，但却让发展中国家的许多人依然处于贫困中，且这也使得一些富余的具有较强创新能力的国家中贫富差距和不平等的社会问题。且其也带来了逐步加剧地资源的过度消耗，碳锁定以及严重的生态退化问题。这些方向是随着工业现代化的第一次深度转型带来的。而第二次深度转型所需要的社会和技术变化的程度意味着工业化，工业资本主义以及甚至是人类现代化历史进程中一个新的阶段。这个框架蕴含着对政府、市场和社会之间的新的关系的构建，且或许要求更加主动及具有企业家精神的政府不仅仅聚焦到国家层面且在城市层面的活动，以及政府、市场、社会的新型网络，和新的超国家结构以确保全球协同。

最终，这些新的关系将会使得框架 1 下以市场失灵为前提的政策干预的合法性失效。而质问研发投入是否贡献于社会目标和目的，并认为在其缺失的情况下，应该进行政府干预和投资。它可能会带来更强的政府干预和投资的合作关系，而这是框架 1 的自由市场视角下非常厌恶的。框架 3 还可能带来对创新系统的思考，比如对这些创新系

统是否相关、谁参与到这样的系统里且其能够代表谁的利益等的反思。相对于提倡建设各种创新系统的建议，框架 3 可能会得出恰恰相反的结论，政府应该扮演以下作用：应该试验以及促进目前各种系统的转型，例如其应该聚焦到与地方和国际层面的关系而非再仅仅聚焦到国家层面上创新系统主体之间的联系。

框架 1 和 2 主要在美国和欧洲兴起和发展起来的，其已被发展学的学者批评。这两个框架都假设发展中国家需要追赶，建立其创新系统从而来吸收从发展中国家引进的一些，从而来建立其自身的能力。框架 3 不认为创新和社会技术系统变化必然发生于北方世界（Global North），而其它国家扮演追赶这些创新的角色。相反，其假设是北方世界和南方世界（Global South）都处于对具有转型创新性质的试验阶段，因此两者之间的相互学习将会对彼此十分受益。在这个框架下，提倡多样化的转型路径，且在复杂的系统创新过程鼓励基于本土形成的、试验的或者本土化的过程。

最后一个问题，对于目前科技创新政策的学者和实践人员来说转型创新政策是否是一个太过野心勃勃的目标？²⁹一方面，答案显而易见是肯定的：这样一种转型变革显然不是仅仅依靠科技创新政策就能够实现的；其它的政策也需要对其做出贡献。更进一步来讲，我们应该意识到转型创新并不是仅仅依靠新的政策就能够促使的；而其是一个超越于政策而更加广泛的历史推进过程，此过程中需要许多利益相关者参与。转型创新政策因此应该被看成是对我们现代社会在这一转型过程做出的回应。我们最后要强调的是可持续发展目标中所定义的挑战是十分严峻的。如果不平等问题变得更加严重，气候变化和环境污染的后果更加明显，会带来更多的移民或者甚至更多的冲突，如果武装冲突和社会动荡更加流行的话，这将最终迫使政府和其它利益相关者必须做出回应。而科技创新政策必须要成为这一回应中的一部分，因为其对这些被称为外部性的社会问题富有十分重要的责任。因此，对政策制定和此领域的研究人员来说，这是十分紧迫且及时的问题，我们不能坐以待毙，而应该积极回应，不仅仅要提供新的框架思考，而且应该开始新的政策实践试验。这些实践应该解决我们面临的社会和环境的双重挑战，且促使一个向新的社会技术系统和平且低成本的转型。

²⁹ Nelson (2013)已经列举出了对这些群体的挑战。

致谢

旨在促进能力建设和政策试验的多边合作的研究项目，转型创新政策联盟对本研究提供了部分支持（见网址：<http://www.tipconsortium.net>）。

翻译：杨可佳

参考文献

- Abramovitz, M., 1956. Resource and output trends in the United States since 1870. *Am. Econ. Rev.* 46 (2), 5–23.
- Arrow, K.J., 1962. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: Nelson, R. (Ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*. National Bureau of Economic Research and Princeton University Press, Princeton NJ, pp. 609–625.
- Arthur, W.B., 1983. On Competing Technologies and Historical Small Events: the Dynamics of Choice Under Increasing Returns. IIASA Working Paper WP-83-090. IIASA, Laxenburg, Austria.
- Bardi, U., 2011. *The Limits to Growth Revisited*. Springer, New York, NY.
- Benford, R.D., Snow, D.A., 2000. Framing processes and social movements: an overview and assessment. *Annu. Rev. Sociol.* 26, 611–639.
- Bernal, J.D., 1939. *The Social Function of Science*. MIT Press, Cambridge MA.
- Boschma, R.A., 2005. Proximity and innovation: a critical assessment. *Reg. Stud.* 39 (1), 61–74.
- Bunnell, T., 2002. Multimedia utopia? A geographical critique of high-tech development in Malaysia's multimedia super corridor. *Antipode* 34 (2), 265–295.
- Bush, V., 1945. *Science: The Endless Frontier: A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*. United States Office of Scientific Research and Development (1945), National Science Foundation (reprint 1960), Washington DC.
- Callon, M., 1994. Is science a public good? Fifth Mullins Lecture, virginia polytechnic institute, 23 March 1993. *Sci. Technol. Hum. Values* 19, 395–424.
- Carson, R., 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin, New York.
- Castells, M., Hall, P.A., 1994. *Technopoles of the World: Making of 21st Century Industrial Complexes*. Routledge, New York NY.
- Chataway, J., Hanlin, R., Kaplinsky, R., 2014. Inclusive innovation: an architecture for policy development. *Innov. Dev.* 4 (1), 33–54.
- Chataway, J., Daniels, C., Kanger, L., Ramirez, M., Schot, J., Steinmueller, W.E., 2017. Developing and enacting transformative innovation policy: a comparative study. Paper Presented at the 8th International Sustainability Transitions Conference Downloaded on 14 July 2018 from. <http://tipconsortium.net/wp-content/uploads/2018/04/Developing-and-enacting-Transformative-Innovation-Policy-AComparative-Study.pdf>.
- Cohen, W.M., Levinthal, D.A., 1989. Innovation and learning: the two faces of R&D. *Econ. J.* 99 (397), 569–596.
- Cohen, L., Noll, R., 1991. *The Technology Pork Barrel*. The Brookings Institution Press, Washington DC.

- Colistete, R.P., 2010. Revisiting Import-substituting Industrialisation in Post-war Brazil. Downloaded on 14 July 2018 from. Department of Economics, University of Sao Paulo. Munich Personal RePEc Archive. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/24665/1/MPRA_paper_24665.pdf.
- Collins, H.M., 1974. The TEA set: tacit knowledge and scientific networks. *Sci. Stud.* 4, 165–186.
- Cooke, P., 2001. Regional innovation systems, clusters and the knowledge economy. *Ind. Corp. Change* 10 (4), 945–974.
- Dasgupta, P., David, P.A., 1994. Toward a new economics of science. *Res. Policy* 23 (5), 487–521.
- David, P.A., 1975. *Technical Choice, Innovation and Economic Growth*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Diaz, M., Darnhofer, I., Darrot, C., et al., 2013. Green tides in Brittany: what can we learn about niche-regime interactions? *Environ. Innov. Soc. Transit.* 8, 62–75.
- Dutrénit, G., Sutz, J. (Eds.), 2014. *National Systems of Innovation. Social Inclusion and Development. The Latin American Experience*. Edward Elgar, Cheltenham UK.
- Edquist, C. (Ed.), 1997. *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Pinter, London.
- Etzkowitz, H., 1998. The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of the new university–industry linkages. *Res. Policy* 27, 823–833.
- Etzkowitz, H., 2008. *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. Routledge, New York NY.
- Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. (Eds.), 1997. *Universities and the Global Knowledge Economy: A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*. Cassell Academic, London.
- European Commission, 2010. *Europe 2020: a Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth COM (2010)*. European Commission Brussels.
- Fagerberg, J., 2016. Innovation policy: rationales, lessons and challenges. *J. Econ. Surv.* 31 (2), 497–512.
- Fagerberg, J., Martin, B.R., Andersen, E.S. (Eds.), 2013. *Innovation Studies. Evolution, Future and Challenges*. Oxford University Press, Oxford.
- Foray, D., Mowery, D.C., Nelson, R.R., 2012. Public R&D and social challenges: what lessons from mission R&D programs. *Res. Policy* 41 (10), 1697–1702.
- Freeman, C., 1974. *The Economics of Industrial Innovation*. Penguin, London.
- Freeman, C., 1987. *Technology and Economic Performance: Lessons From Japan*. Pinter, London.
- Freeman, C., 1988. Japan: a new national system of innovation. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R.R., Silverberg, G., Soete, L. (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers, London, pp. 330–348.
- Frenken, K., 2017. A Complexity-theoretic Perspective on Innovation Policy. *Complexity*. Downloaded on 14 July 2018 from. *Governance and Networks*, pp. 35–47. <http://ubp.uni-bamberg.de/ojs/index.php/cgn/article/view/41/pdf>.
- Friedman, T.L., 2005. *The World Is Flat: A Brief History of the Twenty-First Century*. Farrar Straus Giroux, New York.
- Galison, P., Hevly, B. (Eds.), 1992. *Big Science: The Growth of Large-Scale Research*. Stanford University Press, Stanford CA.
- Garnsey, E., Heffernan, P., 2005. High-technology clustering through spin-out and attraction:

the Cambridge case. *Reg. Stud.* 39 (8), 1127–1144.

Geels, F.W., Penna, C.C.R., 2015. Societal problems and industry reorientation: elaborating the Dialectic Issue LifeCycle (DILC) model and a case study of car safety in the USA (1900–1995). *Res. Policy* 44 (1), 67–82.

Geiger, R.L., 1993. *Research and Relevant Knowledge: American Research Universities since World War II*. Oxford University Press, New York NY.

Gertler, M.S., 2001. Best practice? Geography, learning and the institutional limits to strong convergence. *J. Econ. Geogr.* 1, 5–26.

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., et al., 1994. *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. Sage, London.

Goffman, E., 1974. *Frame Analysis: An Essay on the Organization of the Experience*. Harper Colophon, New York NY.

Graham, O., 1994. *Losing Time: The Industrial Policy Debate*. Harvard University Press, Cambridge MA.

Grin, J., Rotmans, J., Schot, J., 2010. *Transitions to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*. Routledge, New York NY.

Irwin, A., 2006. The politics of talk: coming to terms with the ‘new’ scientific governance. *Soc. Stud. Sci.* 36 (2), 299–320.

Jorde, T., Teece, D., 1990. Innovation and cooperation: implications for competition and antitrust. *J. Econ. Perspect.* 4 (3), 75–96 (Summer).

Kanger, L., Schot, J., 2018. Deep transitions: theorizing the long-term patterns of sociotechnical change. *Environ. Innov. Soc. Transit.* <https://doi.org/10.1016/j.eist.2018.07.006>.

Kaplinsky, R., 2011. Schumacher meets Schumpeter: appropriate technology below the radar. *Res. Policy* 40 (2), 193–203.

Keeley, B., 2015. *Income Inequality: the Gap Between Rich and Poor*. OECD (OECD Insights), Paris.

Kemp, R., Schot, J., Hoogma, R., 1998. Regime-shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. *Technol. Anal. Strateg. Manag.* 10, 175–196.

Kenney, M. (Ed.), 2000. *Understanding Silicon Valley: The Anatomy of an Entrepreneurial Region*. Stanford University Press, Stanford CA.

Kern, F., Kivimaa, P., Martiskainen, M., 2017. Policy packaging or policy patching? The development of complex energy efficiency policy mixes. *Energy Res. Soc. Sci.* 23, 11–25.

Kim, L., 1999. *Learning and Innovation in Economic Development*. Edward Elgar, Cheltenham UK.

Kivimaa, P., 2014. Government-affiliated intermediary organisations as actors in systemlevel transitions. *Res. Policy* 43 (8), 1370–1380.

Kivimaa, P., Kern, F., 2016. Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. *Res. Policy* 45 (1), 205–217.

Kivimaa, P., Hildén, M., Huitema, D., Jordan, A., Newig, J., 2017. Experiments in climate governance. a systematic review of research on energy and built environment transitions. *J. Cleaner prod.* 169, 17–29.

Kline, S.J., Rosenberg, N., 1986. An overview of innovation. In: Landau, R., Rosenberg, N. (Eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*.

National Academic Press, Washington D.C, pp. 275–305.

Kuhlmann, S., Rip, A., 2014. The Challenge of Addressing Grand Challenges. A Think Piece on How Innovation Can Be Driven Towards the “Grand Challenges” As Defined Under the European Union Framework Programme Horizon 2020, Report to ERIAB. <https://doi.org/10.13140/2.1.4757.184>.

Kulicke, M., Krupp, H., 1987. The formation, relevance and public promotion of new technology-based firms. *Technovation* 6 (1), 47–56.

Kuznets, S., 1973. Modern economic growth: findings and reflections. *Am. Econ. Rev.* 63 (3), 247–258.

Light, J.S., 2003. From warfare to welfare. *Defense Intellectuals and Urban Problems in Cold War America*. John Hopkins University Press, Baltimore MD.

Link, A.N., Scott, J.T., 2003. The growth of Research Triangle Park. *Small Bus. Econ.* 20 (2), 167–175.

London, T., Hart, S.L., 2004. Reinventing strategies for emerging markets: beyond the transnational model. *J. Int. Bus. Stud.* 35 (5), 350–370.

Longhi, C., 1999. Networks, collective learning and technology development in innovative high technology regions: the case of Sophia-Antipolis. *Reg. Stud.* 33 (4), 333–342.

Lundvall, B.-A., 1985. *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg University Press, Aalborg DK.

Lundvall, B.-A. (Ed.), 1992. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London.

Lundvall, B.-A., 1988. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to national systems of innovation. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R.R., Silverberg, G., Soete, L. (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers, London.

Lundvall, B.-A., Joseph, K.J., Chaminade, C., et al., 2009. *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries*. Edward Elgar, Cheltenham UK.

Machin, S., Vignoles, A., 2015. *Education Policy in the UK*. Centre of the Economics of Education. London School of Economics, London. <http://cee.lse.ac.uk/ceedps/ceedp57.pdf>.

Markard, J., Raven, R., Truffer, B., 2012. Sustainability transitions: an emerging field of research and its prospects. *Res. Policy* 41 (6), 955–967.

Martin, B., Irvine, J., 1989. *Research Foresight: Priority Setting In Science*. Pinter, London.

Martin, B., Johnston, R., 1999. Technology foresight for wiring up the national innovation system. *Technol. Forecast. Soc. Change* 60, 37–54.

Mazzucato, M., 2013. *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Anthem Press, London.

Mazzucato, M., 2015. Innovation systems: from fixing market failures to creating markets. *Intereconomics* 50 (3), 120–125.

Mazzucato, M., 2016. From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy. *Ind. Innov.* 23 (2), 140–156.

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., et al., 1972. *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome’s Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books, New York NY.

Meadows, D.L., Randers, J., Meadows, D.L., 2004. *Limits to Growth: The 30-Year Update*. Chelsea Green, White River Junction VT.

Miller, S., 2001. Public understanding of science at the crossroads. *Public Underst. Sci.* 10 (1), 115–120.

Mowery, D.C., Rosenberg, N., 1989. *Technology and the Pursuit of Economic Growth*. Cambridge University Press, Cambridge.

Nelson, R.R., 1959. The simple economics of basic scientific research. *J. Polit. Econ.* 67 (3), 297–306.

Nelson, R.R., 2013. In: Fagerberg, Martin, Andersen (Eds.), *Reflections on the Study of Innovation and on Those Who Study It*, pp. 187–193 2013.

OECD, 2015. *System Innovation: Synthesis Report*. OECD, Paris.

Ornetzeder, M., Rohracher, H., 2006. User-led innovations and participation processes: lessons from sustainable energy technologies. *Energy Policy* 34, 138–150.

Oudshoorn, N., Pinch, T. (Eds.), 2003. *How Users Matter: The Co-Construction of Users and Technology*. MIT Press, Cambridge, MA.

Prebisch, R., 1950. *The Economic Development of Latin America and Its Principal Problems*. United Nations Department of Economic Affairs, Lake Success, NY.

Radjou, N., Prabhu, J., Ahuja, S., 2012. *Jugaad innovation: think frugal, Be flexible. Generate Breakthrough Growth*. Jossey-Bass/Wiley, London.

Rip, A., 2014. The past and future of RRI. *Life Sci. Soc. Policy* 10 (17), 1–15.

Rip, A., Schot, J., Misa, T.J., 1995. *Managing technology in society: the approach of constructive technology assessment*. Pinter, London and New York.

Rogge, K.S., Reichardt, K., 2016. Policy mixes for sustainability transitions: an extended concept and framework for analysis. *Res. Policy* 45 (8), 1620–1635.

Rosenberg, N., 1990. Why do firms do basic research (with their own money). *Res. Policy* 19 (2), 165–174.

Sagasti, F.R., 1980. The two civilizations and the process of development. *Prospects (UNESCO)* 10 (2), 123–139.

Saxenian, A., 1996. *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Harvard University Press, Cambridge MA.

Schön, D., Reid, M., 1994. *Frame Reflection of Intractable Policy Controversies*. Basic Books, New York NY.

Schot, J., 2016. Confronting the second deep transition through the historical imagination. *Technol. Cult.* 57 (2), 445–456.

Schot, J., Geels, F.W., 2008. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. *Technol. Anal. Strateg. Manag.* 20 (5), 537–554.

Schot, J., Kanger, L., 2018. Deep transitions: emergence, acceleration, stabilization and directionality. *Res. Policy* 6, 1045–1059.

Schot, J., 2003. The contested rise of a modernist technology politics. In: Misa, T.J., Brey, P., Feenberg, A. (Eds.), *Modernity and Technology*. The MIT Press, Cambridge, MA, pp. 257–278.

Schot, J., Kanger, L., Verbong, G., 2016. The roles of users in shaping transitions to new energy systems. *Nat. Energy* 1, 1–7.

Schumacher, E.F., 1974. *Small Is Beautiful*. Abacus Press, London.

Schumpeter, J.A., 1947. *Capitalism, Socialism and Democracy*, Second edition. Harper and Row, New York NY.

Schumpeter, J.A., 1949. *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press, Cambridge MA.

Singer, H., 1950. The distribution of gains between investing and borrowing countries. *Am. Econ. Rev.* 40 (2), 473–485.

Smith, A., 1960. 1776]. *The Wealth of Nations*. The Modern Library. Random House, New York.

Smith, A., Seyfang, G., 2013. Constructing grassroots innovations for sustainability. *Glob. Environ. Change* 23 (5), 827–829.

Smits, R., Kuhlmann, S., Shapira, P., 2010. *The Theory and Practice of Innovation Policy: An International Research Handbook*. Edward Elgar, Cheltenham UK.

Soete, L., 1985. International diffusion of technology, industrial development and technological leapfrogging. *World Dev.* 13 (3), 409–422.

Soete, L., 2013. From emerging to submerging economies: new policy challenges for research and innovation. *Sci. Technol. Innov. Policy Rev.* 4 (1), 1–13.

Solow, R.M., 1957. Technical change and the aggregate production function. *Rev. Econ. Stat.* 39 (3), 312–320.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., 2015. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347 (6223), 736–746.

Steinmueller, W.E., 2010. Economics of technology policy. In: Hall, B., Rosenberg, N. (Eds.), *Handbook of the Economics of Innovation* (Vol. 2). North Holland, Amsterdam, pp. 1181–1218.

Steward, F., 2012. Transformative innovation policy to meet the challenge of climate change: socio-technical networks aligned with consumption and end-use as new transition arenas for a low-carbon society or green economy. *Technol. Anal. Strateg. Manag.* 24 (4), 3331–3343.

Stewart, F., 1973. *Technology and Underdevelopment*. MacMillan, London.

Stewart, F., 2008. Technology and underdevelopment. *Dev. Policy Rev.* A 10 (1), 92–105.

Stilgoe, J., Owen, R., Macnaghten, P., 2013. Developing a framework for responsible innovation. *Res. Policy* 42 (9), 1568–1580.

Stirling, A., 2008. ‘Opening up’ and ‘closing down’ power, participation, and pluralism in the social appraisal technology. *Sci. Technol. Hum. Values* 33 (2), 262–294.

Stirling, A., 2009. *Direction, Distribution, Diversity! Pluralising Progress in Innovation, Sustainability and Development*. STEPS Working Paper 32. STEPS Centre, University of Sussex.

Stokes, D.E., 1997. *Pasteur’s Quadrant - Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press, Washington DC.

Tatsuno, S., 1986. *The Technopolis Strategy: Japan, High Technology, and the Control of the Twenty-First Century*. Prentice Hall, New York NY.

Taylor, C., 2003. *Modern Social Imaginaries*. Duke University Press, Durham NC.

Tindemans, P., 2009. Post-war research, education and innovation policy-making Europe. In: Delanghe, H., Muldur, U., Soete, L. (Eds.), *European Science and Technology Policy: Towards Integration or Fragmentation?* Edward Elgar, Cheltenham UK, pp. 3–24.

Turnheim, B., Geels, F.W., 2012. Regime destabilisation as the flipside of energy transitions: lessons from the history of the British coal industry (1913-1997). *Energy Policy*

50, 35–49.

Turnheim, B., Kivimaa, P., Berkhout, F. (Eds.), 2018. *Innovating Climate Governance: Moving Beyond Experiments*. Cambridge University Press, Cambridge.

United Nations, 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Downloaded on 29 November 2017 from. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>.

US Congress, 1969. *Hearings Before the joint committee on atomic energy. 91st Congress, First Session, 17-18th April, Part 1*.

van Zanden, J.L., Baten, J., d'Ercole, M.M., et al., 2014. *How Was Life? Global Well-being since 1820*. OECD Development Centre, Paris.

Vig, N., Paschen, H., 2000. *Parliaments and Technology. The Development of Technology Assessment in Europe*. State University Press of New York Press, New York, NY.

von Hippel, E., 1976. The dominant role of users in the scientific instrument innovation process. *Res. Policy* 5 (3), 212–239.

von Hippel, E., 1988. *The Sources of Innovation*. Oxford University Press, New York NY.

von Hippel, E., 1994. 'Sticky information' and the locus of problem solving: implications for innovation. *Manag. Sci.* 40 (4), 429–439.

Weber, K.M., Rohracher, H., 2012. Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change. Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework. *Res. Policy* 41, 1037–1047.