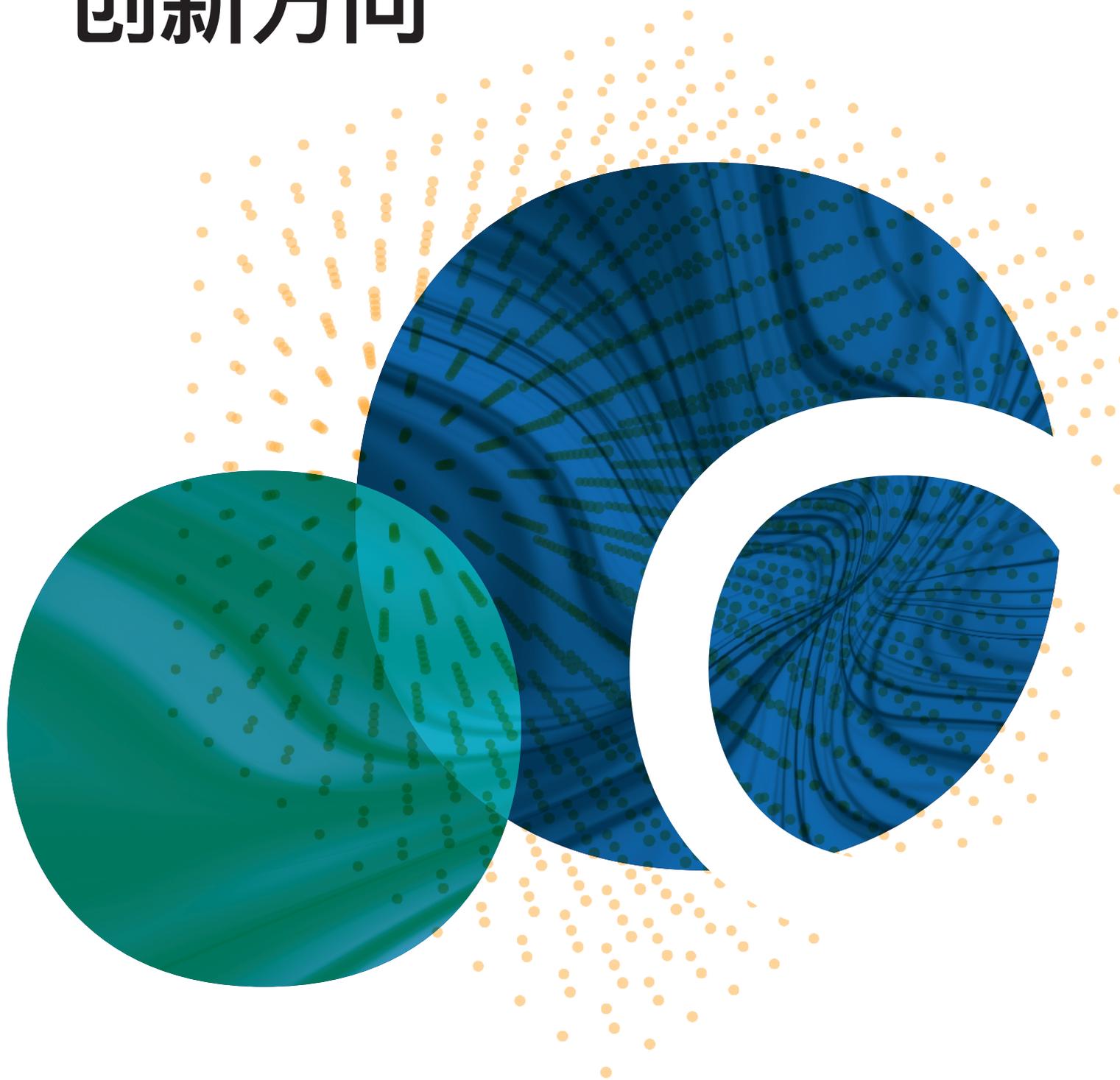


2022年  
世界知识产权报告

# 创新方向



WIPO



2022年  
世界知识产权报告

# 创新方向

本作品依照知识共享署名4.0国际许可进行许可。

允许使用者对本出版物进行复制、发行、改编、翻译和公开表演，包括用于商业目的，无需明确同意，条件是使用这些内容须注明来源为产权组织，并在对原始内容作出修改时明确注明。

建议著录格式：2022年世界知识产权报告：创新方向。日内瓦：产权组织。

改编/翻译/演绎不应带有任何官方标记或标志，除非已经产权组织同意和确认。请[通过产权组织网站](#)联系我们，以获得许可。

对于任何演绎作品，请增加以下声明：“对于原始内容的转换或翻译，产权组织秘书处不承担任何责任。”

如果产权组织发表的图片、图形、商标或标志等内容属于第三方所有，则此类内容的使用者自行负责向权利人征得许可。

查看此许可的副本，请访问：

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

本许可下发生的任何争议，不能友好解决的，应根据当时有效的《联合国国际贸易法委员会仲裁规则》提交仲裁。双方应受此种仲裁所做任何仲裁裁决的约束，将其作为对此等争议的终局裁决。

本出版物中所用的名称及材料的呈现方式，不意味着产权组织对于任何国家、领土或地区或其当局的法律地位，或者对于其边界或边界线的划分，表示任何意见。

本出版物不反映成员国或产权组织秘书处的观点。

提及具体公司或具体厂商的产品，不意味着它们得到产权组织的认可或推荐，认为其优于未被提及的其他类似性质的公司或产品。

© WIPO, 2022年

世界知识产权组织

World Intellectual Property Organization  
34, chemin des Colombettes, P.O. Box 18  
CH-1211 Geneva 20, Switzerland 瑞士

DOI: 10.34667/tind.45360

ISBN: 978-92-805-3391-0 (印刷版)

ISBN: 978-92-805-3392-7 (网络版)

ISSN: 2790-9883 (印刷版)

ISSN: 2790-9891 (网络版)



署名 4.0 国际  
(CC BY 4.0)

封面: Getty Images / © AF-Studio and  
Getty Images / © Lan Zhang

# 目录

图表目录	4	导言	
前言	5	创新方向是什么?	14
鸣谢	7	第一章	
内容提要	8	确定创新方向	17
技术注释	74	1.1 社会和私人回报	17
缩略语	81	1.2 创新生态系统内的互动	18
		1.3 发挥作用的经济力量	20
		1.4 政策如何影响创新方向?	24
		1.5 发展中经济体与创新方向	26
		1.6 未来的创新方向	27
		第二章	
		历史上的创新方向	35
		2.1 第二次世界大战	35
		2.2 航天工业	39
		2.3 东亚国家信息技术的崛起	42
		2.4 本章总结及结论	45
		第三章	
		创新方向: 未来的挑战	50
		3.1 应对COVID-19的经验教训	50
		3.2 应对气候变化是当务之急	53
		3.3 数字化正在改变世界	59
		3.4 公共政策可以利用创新来应对挑战	62

# 图表目录

图1: 1895–2020年专利申请增长最快的技术领域	9	图3.1b: 按类型和区域分列的COVID–19疫苗供资 (单位: 10亿美元)	51
图2: 2016–2020年技术增长占全部专利平均增长的百分比	9	图3.2: 1974–2019年按技术分列的公共能源研发投资支出份额 (%)	54
图3: 2010–2019年美国国家航空航天局和美国私人投资者的空间供资情况	10	图3.3a: 按类别分列的清洁技术专利申请总量	55
图4: 创新生态系统利益攸关方之间互动的概念性总结	10	图3.3b: 按子类别分列的能源领域的气候变化减缓技术	55
图5: 对COVID–19疫苗开发的社会和私人效益的估计	11	图3.4: 主要能源占美国能源消费总量的份额	56
图6: 1950–2020年东亚选定经济体占全球信息与通信技术专利技术的份额	11	图3.5a: 按绿色 (电动和混合动力)、灰色和污染专利分列的汽车行业专利申请总量	57
图7: 1973–2017年全球环境相关技术的增长情况	11	图3.5b: 绿色 (电动和混合动力)、灰色和污染技术的专利申请占汽车行业专利申请的份额	57
图1.1: 估计的社会和私人效益 (单位: 10亿美元)	18	图3.6a: 全球电动汽车市场份额	58
图1.2: 创新利益攸关方之间互动的概念性总结	19	图3.6b: 按资金来源分列的电动汽车购买支出	58
图1.3: 1840–2019年按科学领域分列的科学出版物份额	20	图3.7: 按类别分列的数字通用技术份额 (左) 和占所有专利申请的百分比 (右)	60
图1.4: 1900–2020年按技术领域分列的专利份额	21		
图1.5: 围绕新技术不断发展的创新生态系统的概念性总结	22		
图1.6: 通用技术周期的概念性总结	23		
表2.1: 1941–1947年和科学研究与发展局签订合同的总价值排名前10位的高校	37		
表2.2: 1941–1947年签订青霉素和疟疾项目合同的顶尖大学和医院	38		
图2.1: 1960–2020年太阳能效率 (以百分比计)	40		
图2.2: 2010–2019年美国国家航空航天局的支出和美国私人太空投资	41		
图2.3: 1970–2018年选定的亚洲国家的专利占全球电气专利的份额	44		
图3.1a: 按类型分列的COVID–19疫苗供资份额 (%)	51		

## 前言

一个多世纪以来,世界各地的创新活动出现了大幅激增。在内燃机、信息与通信技术等一系列技术突破的推动下,创新已经成为我们所掌握的推进整体福利和福祉的最有力工具之一。

图: WIPO/©Berrod



如今,全球创新正在开启充满前景的崭新篇章。人工智能、大数据、云计算和物联网等数字技术正在蓬勃发展。这些迅速崛起的技术有可能改变全球经济的大部分领域,为创业公司和企业触发新的增长机遇,为世界各地的人民和社区赋能。

但是,尽管新想法、产品和服务的积极影响已经广为人知,但对创新背后更广泛的决策环境的分析却很少。

这在很大程度上反映了对创新产生影响的因素是多方面的。创新决策往往比较复杂,涉及到不同领域的不同利益攸关方和利益。例如,虽然新的科学和技术机会是无限的,但包括人力和财力在内的资源却是有限的。同样,在做出投资决策之前,需要在新技术之间以及新技术与现有模式之间进行权衡。还有一些无法预料的变数,比如冲击、紧急情况和其他事件,这些变数可以瞬间改变社会的创新需求。

这一过程正是《2022年世界知识产权报告》的主题。我们的目的是让人们了解创新生态系统中的不同参与者(包括政策制定者、研究人员、企业、企业家和消费者)的决定是如何影响创新及世界经济和社会的未来轨迹的。

本报告首先讨论了创新方向的主要决定因素,包括社会和私人回报之间的关系。虽然公共和私人动机并不总是一致的,但报告显示,也可以有效利用不一致的动机来实现共同利益。

为了与本报告以往的版本保持一致,我们用一系列历史案例研究来补充这一概念性讨论。我们通过第二次世界

大战期间的医疗创新、太空竞赛的演变以及东亚信息技术产业的崛起这些方面,详细介绍影响创新方向的各种因素和利益攸关方,并就高度工业化的经济体和新兴经济体提出相关见解。

最后,本报告讨论了创新是如何有助于解决当今和未来的全球性挑战的。虽然创新的长期轨迹仍不明确,但我们知道新的数字技术和解决方案对建设一个更加绿色、更公平、更健康和更具韧性的世界发挥着关键作用。但是,我们如何才能将创新方向引向有益于经济、社区和地球的生产性成果?哪些政策杠杆可以用来使私人创新激励措施符合社会需求?采取哪些措施才能更好地支持发展中国家和最不发达国家追寻创新机会?

在全世界期待着从大流行病中恢复过来并进行重建之际,创新在带来新的发展机遇和为我们面临的共同挑战寻找急需的解决方案方面发挥着关键作用。创新决策可能很复杂,但正如本报告所强调的,了解这些决策至关重要。



世界知识产权组织总干事  
邓鸿森

## 鸣谢

《2022年世界知识产权报告》是在邓鸿森（总干事）和马尔科·阿莱曼（助理总干事）的总体指导下编写完成的。本报告由卡斯滕·芬克（首席经济学家）负责监督，由胡里奥·拉福（创新经济科科长）领导的小组编写。小组成员包括因坦·哈姆丹-利夫拉门托（经济学家）、玛丽亚姆·泽塔布奇（经济学家）、菲利普·格罗斯库特（研究员）、费代里科·莫斯卡泰利（研究员）、尹德云（研究员）和普林斯·奥古果（青年专家研究员），他/她们均来自产权组织经济学与数据分析部。

本报告参考了委托编写的各种背景文件：

第一章：卡斯滕·芬克就2019冠状病毒病疫苗的社会评估提供了意见，傅晓岚（牛津大学）和石鏊（牛津大学）从发展中国家的视角提供了意见。

第二章：亨利·赫茨菲尔德（乔治华盛顿大学）、本杰明·斯塔茨（乔治华盛顿大学）和杰奥尔杰·莱阿瓦（乔治华盛顿大学）提供了太空方面的背景研究；伯文·瑟姆珀特（哥伦比亚大学）提供了有关抗生素的背景研究；李根（首尔国立大学）提供了关于东亚信息技术的背景研究。

第三章：约埃尔·诺阿伊（阿姆斯特丹自由大学研究生院，廷贝亨研究所）提供了关于低碳技术的背景研究；曼努埃尔·特拉伊滕贝格（特拉维夫大学）提供了关于数字通用技术的背景研究。

报告小组还从外部审查和评论中获益匪浅。理查德·纳尔逊（哥伦比亚大学）对本报告各章节进行了评论和反馈。

此外，苏玛·厄特雷耶（埃塞克斯大学）、多米尼克·福雷（洛桑联邦理工学院）、莉萨·拉·韦莱特（斯坦福大学法学院）、黄灿（浙江大学）、安德烈亚·索马里瓦（SDA博科尼商学院）和瓦莱里娅·科斯坦蒂尼（罗马第三大学）对背景文件进行了审查。

若干专家在本报告编写过程中提出了宝贵的意见和建议，其中包括阿利卡·戴利（产权组织）、欧内斯特·米格莱斯（波尔多大学）、乔瓦尼·纳波利塔诺（产权组织）和安雅·冯德罗普（产权组织）。

萨米亚·多卡尔莫·菲格雷多、约瓦娜·斯托扬诺维奇和尤迪特·达维拉·蒙松提供了宝贵的行政支持。

产权组织知识中心的工作人员在本报告编写过程中提供了有用的研究支持。

最后，感谢产权组织编辑和设计同事领导本报告的编写工作。

经济学家所定义的“创新方向”即本报告的主题，是指个人、企业、高校和政府就在任何时候可追寻的技术机会所做出的所有决策的组合或总和。

这不仅是经济体对新想法投入多少资金的问题。对不同创新活动进行的人力和财力资源分配可以确定社区、国家甚至世界在未来几十年的创新方向。

短期的创新方向及其影响相对容易预测和协调。例如，为了应对2019冠状病毒病（COVID-19）大流行，政府和公司成功地将创新投资转向了疫苗的开发、批准和大批量生产，并在创纪录的时间内实现了这一目标。疫苗大幅降低了大流行病导致的死亡人数，并且有助于全球经济从2020年大流行病引发的衰退中恢复过来。

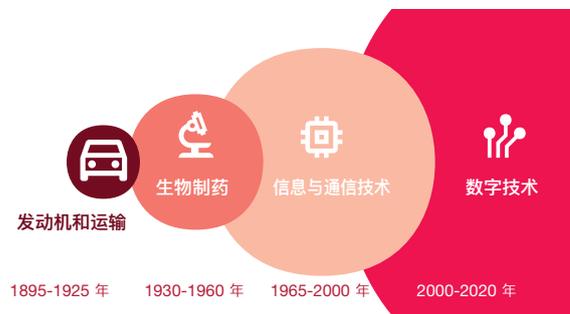
创新方向的长期影响（就公司的回报或利润以及对社会有无益处而言）不太容易预测。例如，很难预测哪些限制气候变化的技术创新将被证明是最有效的。

## 在过去的100年里，随着各种技术催化因素的出现，创新呈指数级增长

上个世纪，技术轨道不断变更，累积了大量创新决策。在上个世纪前几十年里，与内燃机、运输和其他机械相关的技术主导着创新领域。生物制药技术的蓬勃发展得益于1930年代药物和自1900年代以来生物技术的发展。在20世纪的最后几十年，创新方向出现了向信息与通信技术和半导体技术的重大转变，与其相关的专利占了1990年至2010年这30年间所有专利的四分之一。信息与通信技术专利份额的增加主要是以牺牲“传统”的机械技术为代价的。

## 在过去的100年间，各种技术共同推动了创新的发展

图1: 1895–2020年专利申请增长最快的技术领域



## 目前，创新方向正处于十字路口，有前景的新技术正在蓬勃发展

进入21世纪的第三个十年，新的强大力量正在推动科学、技术和医学等领域的创新方向。

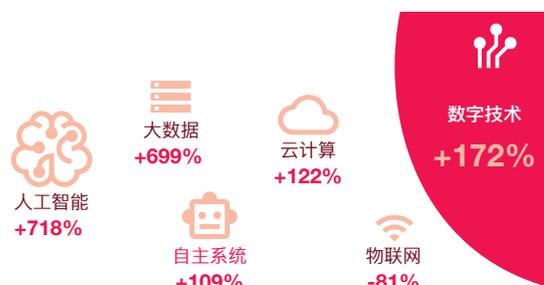
数字化正在改变世界。数字化通用技术包括人工智能、预测技术、高度复杂的自动化和大数据。数字化通用技术正在通过引入新的创新者、结构、实践和价值观来改变各个行业。这些技术催生出了一些新的行业，如物联网。

数字化有可能刺激经济增长，但也有加剧不平等的风险。当人工智能、自动化和其他数字化通用技术催生能够补充并提高人类生产力的创新成果时，它们便能刺激经济增长。但是，当创新成果完全替代人力时，这些技术可能会加剧经济不平等。它们将淘汰某些职业，并催生出需要不同技能的新职业。虽然它们可能为一些欠发达经济体带来跨越式发展机会，但由于缺少促使该等技术蓬

勃发展所需的大量资本投资和高技能劳动力，其他经济体可能会错失此类良机。

## 过去五年中，与数字化相关的创新专利比所有其他专利的增长速度快172%

图2: 2016–2020年技术增长占全部专利平均增长的百分比



COVID-19疫苗的成功是一个值得借鉴的创新模式。COVID-19大流行催生了并在一定程度上加速了对研发新技术对抗大流行病的需求。COVID-19危机促使创新生态系统的所有行为体——政府、私营部门、研究机构和高校、国际社会、非政府组织，包括慈善基金会——紧急做出响应，寻找解决方案。

大流行病的规模以及它对全球大部分人口产生的影响给私营部门带来了重要的激励因素。此外，若干政府为私营部门提供了大量财政支持，包括用于临床试验，并为前景看好的候选疫苗的疫苗开发商提供支持，以提高大规模生产能力。

此外，相关国家和国际政府机构还提供了特殊紧急授权并积极协调，使得能够尽快在全球范围内完成疫苗部署。

在快速确定和开发COVID-19候选疫苗方面成功开展的公私协作显示了政策在将创新努力转向一个共同目标方面发挥的作用。

COVID-19疫苗的开发已经对医学研究和实践产生了影响。针对COVID-19的信使核糖核酸（mRNA）疫苗平台的成功提供了可以证明该技术效果良好的强有力证据，并且可以应用于其他疾病。这也可能预示着一个新的疫苗开发黄金时代的开始，类似于第二次世界大战期间的情况。

通过加速数字技术的应用，COVID-19危机还改变了医疗实践。许多变化已在酝酿中，但这场大流行病凸显了“数字化”的紧迫性，并为改进业务创造了机会，如虚拟医疗咨询。

但是，在短期内，COVID-19疫苗的快速部署以及基础生物技术工具的广泛采用并非没有面临任何挑战。运用新技术开发并推出疫苗需要高技能劳动力和设备齐全的研究实验室。此外，COVID-19疫苗研发速度和医疗试验速度是以推迟其他在研药物的审批为代价的。另外，在若干年里，对抗击COVID-19疫情的疫苗和治疗的关注可能会不利于其他医学研究领域的发展。

## 社会对创新的需求可能会在一瞬间发生变化,尤其是在面临危机时

有时,诸如新的突破性技术、流行病危机或战争等大规模且意外的系统性变化,会影响生态系统利益攸关方的偏好和优先事项。在面对优先级改变的冲击时,通常呼吁政府和政策制定者采取行动。

例如,第二次世界大战的一个直接结果是,美国政府通过创建和资助公共研究组织(如美国国家卫生研究院),动员民营科技力量来解决战时需求。七十多年后的今天,在那个时期开发的许多医学创新成果已经成为医院标准做法的一部分。

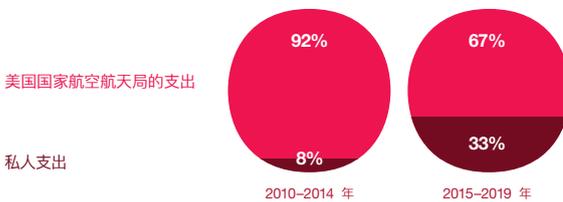
第二次世界大战催生了对新技术解决方案——如治疗受伤的士兵和降低死亡率等问题的解决方案——的需求。战争期间,美国政府为其研发预算拨出了一大笔资金,几乎是之前几年科学投资的100倍。这种公众努力的一致高涨帮助和支持了青霉素的大规模生产、血液替代品的开发、疫苗的研发和生产,以及激素研究和许多其他医学突破。这为未来的进一步研究和医疗改进开辟了道路。青霉素的研究工作为战后几十年间制药公司开发抗生素发挥了引领作用。

同样,冷战促使美国联邦资助的研发扩展到新的领域,如登月任务。1957年,苏联成为首个将卫星发射到近地轨道的国家。作为回应,美国在1961年宣布了将在十年内将人类送上月球的计划。巨大的政治承诺、庞大的预算以及科学和工程技术能力使这一目标在1969年10月得以实现。

到20世纪末,美国“以任务为导向”的太空计划研发资金推动了电信卫星技术的发展,并最终推动商业资本参与到太空活动中。先进的工业经济体在其信息技术、遥感图像、PNT(定位、导航和授时)数据和其他应用方面已经越来越依赖太空系统。美国和中国之间新的太空竞赛可能在未来几十年里催生出创新的且不可预测的技术。

## 空间创新:政府供资为新技术和产业铺路

图3: 2010—2019年美国国家航空航天局和美国私人投资者的空间供资情况



## 创新方向不是由单一因素决定的,而是企业家、研究人员、消费者和政策制定者多种决策动态互动的结果

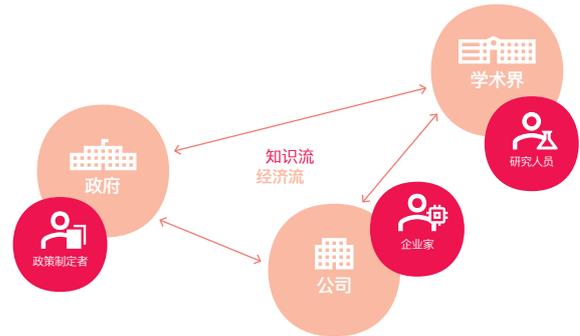
创新方向是不断变化的。它受到想要受益于创新的公共和私人利益攸关方的选择和他们之间的互动的的影响。正是这个创新生态系统确定了创新方向。好奇心促使研究人员探索新的科学领域,引导工程师进行新技术试验。公

司、企业家和政府一样,都是根据对潜在的私人和社会回报的预测来识别创新机会。

当预期回报既可预见,又容易以货币形式获得时,私人利益攸关方会更迅速地抓住创新机会。他们还会被失败风险较低的短期创新项目吸引。但是,风险较高的长期机会通常最有可能获得积极的社会回报。

## 创新生态系统确定未来几十年的创新方向

图4: 创新生态系统利益攸关方之间互动的概念性总结



政府必须同时促进创新的社会和私人回报。政府往往通过集中那些可以影响公共物品的创新活动和资源来实现这一目标,公共物品是指免费向所有人提供的商品或服务,如国防或大流行病预防。政府也可以成为创新技术的主要需求来源。政府将制定政策来影响与卫生、安全或教育有关的公共物品的供应。

创新方向在很大程度上是由行业根据通过其经营经验或其供应链获得的知识确定的。知识和创新在各领域和行业之间流动为科学家、工程师和企业家提供了强大的动力,使其转向新的领域和行业,应用已掌握的技术,重新安排资源分配,最终影响创新方向。

## 公共和私人的创新动机不一定一致,但可以利用它们来实现共同利益

技术的社会和个人回报引导创新的方向。创新可以对环境、公共卫生、当地社区或特定人群等产生变革性影响,包括好的影响和坏的影响。这些都是关于创新社会回报的例子。如果一项技术对环境友好,它将给广大社区带来社会效益;反之,成本较低但污染更严重的新技术可能会给社会经济带来负面影响。

创新的社会回报可能与商业驱动型创新者所获得的私人回报极为不同,COVID-19疫苗的开发就体现了这一点。据我们的研究估计,在全球范围内,疫苗创新的社会效益达到70.5万亿美元,比其私人效益多出887倍。这一巨大的社会效益反应了被拯救的生命、避免的健康损害和解除封闭措施的价值,这些价值远远超过了疫苗生产商的收入。

## 公私合作创新对实现共同利益至关重要

图5: 对COVID-19疫苗开发的社会和私人效益的估计



## 世界各地的创新需求不同

发展中经济体开发出新技术解决方案或掌握现有解决方案以满足其特定社会经济需求的能力取决于其当地创新生态系统以及其与全球创新网络的联系紧密程度。

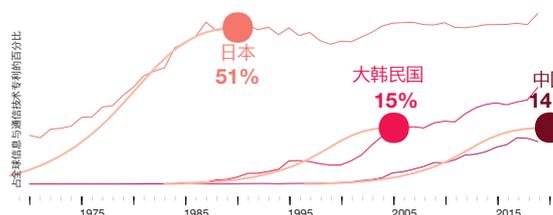
在某些情况下，通常是那些处于中等收入水平的经济体的创新生态系统可能会利用科学能力、技术资本和熟练的劳动力来缩小它们与最先进经济体之间的技术差距，从而释放出前所未有的创新能力。

以东亚的信息技术产业为例，日本、大韩民国和中国成功地全面融入了全球经济之中，成为国际价值链的核心和积极参与者。它们各自的产业政策促使它们在短短几十年内跃入尖端信息技术领域。在1980年代，东亚进入了个人电脑、录像机、录音机和电信设备市场。1990年代出现了存储芯片和无线手机，21世纪前10年出现了各种数字产品，包括数字电视、无线电信系统和智能手机。

所有东亚经济体的发展都存在一些共同要素。这些要素包括经济赶超、私营企业和行业的快速技术进步，以及政府为降低企业进入新行业的风险而制定的政策。

## 新技术机会可刺激经济发展

图6: 1950-2020年东亚选定经济体占全球信息与通信技术专利技术的份额



在其他情况下，市场和参与者的当地创新能力可能不足，无法识别、吸收和学习其他地方开发的新技术，也不能自己进行创新。购买力低下可能使他/她们难以接触到全球创新以满足自己需求。基本的基础设施，如道路、电力或医疗以及重要的机构（如有效的金融部门）等，可能表现很差或根本不存在，这使得一些外国技术不太适应当地情况。因此，创新可能不需要高技能，通常规模较小，并针对特定社区或地区。

在所有情况下，国家的需求都是第一位的，因为世界不同地区的创新情况不同。从国外引进的创新必须能在进口国使用。只有考虑到这一点，才可能实现跨越式发展。更重要的是，创新不一定非要是尖端的才有社会价值。

## 我们非常需要应对气候变化等重大挑战的技术

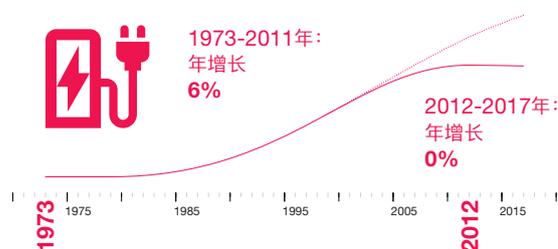
未来的创新方向将取决于应对“重大挑战”（如获得教育和健康的机会以及减缓气候变化等）的国际和多边政策。

公私协作在快速确定COVID-19候选疫苗方面取得的成功表明，以任务为导向的政策有助于推动重要变化。与1940年代的战时努力类似，这些协作依赖于现有的科学和技术，有效性得到了证明，并确保了疫苗快速大规模生产和部署。

能否用“以任务为导向”的政策来解决全世界面临的重大且复杂的社会、环境和经济挑战？基于集中决策和将资源集中于某个特定目标上的政策在美国国家航空航天局的登月太空计划和COVID-19疫苗开发中非常有用。但仅采取以任务为导向的政策可能还不够。一些观察人士认为，政府政策只是任何解决方案的一个要素，还需要包括消费者在内的创新生态系统的所有利益攸关方的努力。

## 清洁技术在油价冲击后蓬勃发展，但这可能还不够……

图7: 1973-2017年全球环境相关技术的专利增长情况



公共、私人甚至消费者层面深化对可持续发展的承诺，正在改变企业开展活动的方式，如转向可再生能源或采用减缓气候变化的技术来减少碳足迹。政府正通过使用补贴、法规和标准来推动环保技术的发展，帮助减轻与在新的相对未经测试的替代能源技术方面进行投资的一些相关风险和不确定性。

低碳排放技术方面的创新，特别是能源领域的创新，在21世纪的前20年里得到了发展，并且相关专利也大幅度增加。电池、氢气和智能电网等使能技术的情况也是如此。

然而，处于早期发展阶段（基础或应用研究阶段）的技术往往风险更高，因此需要公共资金来降低这些风险。例如，碳清除技术的构建和维护成本较高。

此外，对全球变暖相关风险的认识也在逐渐发生变化。私人利益攸关方投资开发清洁技术的动机取决于此类预测需求。

## 政策是否会影响创新方向？

公共政策可以通过以下几种方式影响创新方向：

创新的不确定性和风险达到最高时，最需要可以刺激科学和技术发现的政策。例如，政府经常通过直接采购来促进国防和航空航天技术的发展。

缓解风险的政策可能在最初发现后的早期发展阶段最有效。研发补贴、软贷款和研发税收激励都是典型的用于缓解风险的政策工具。

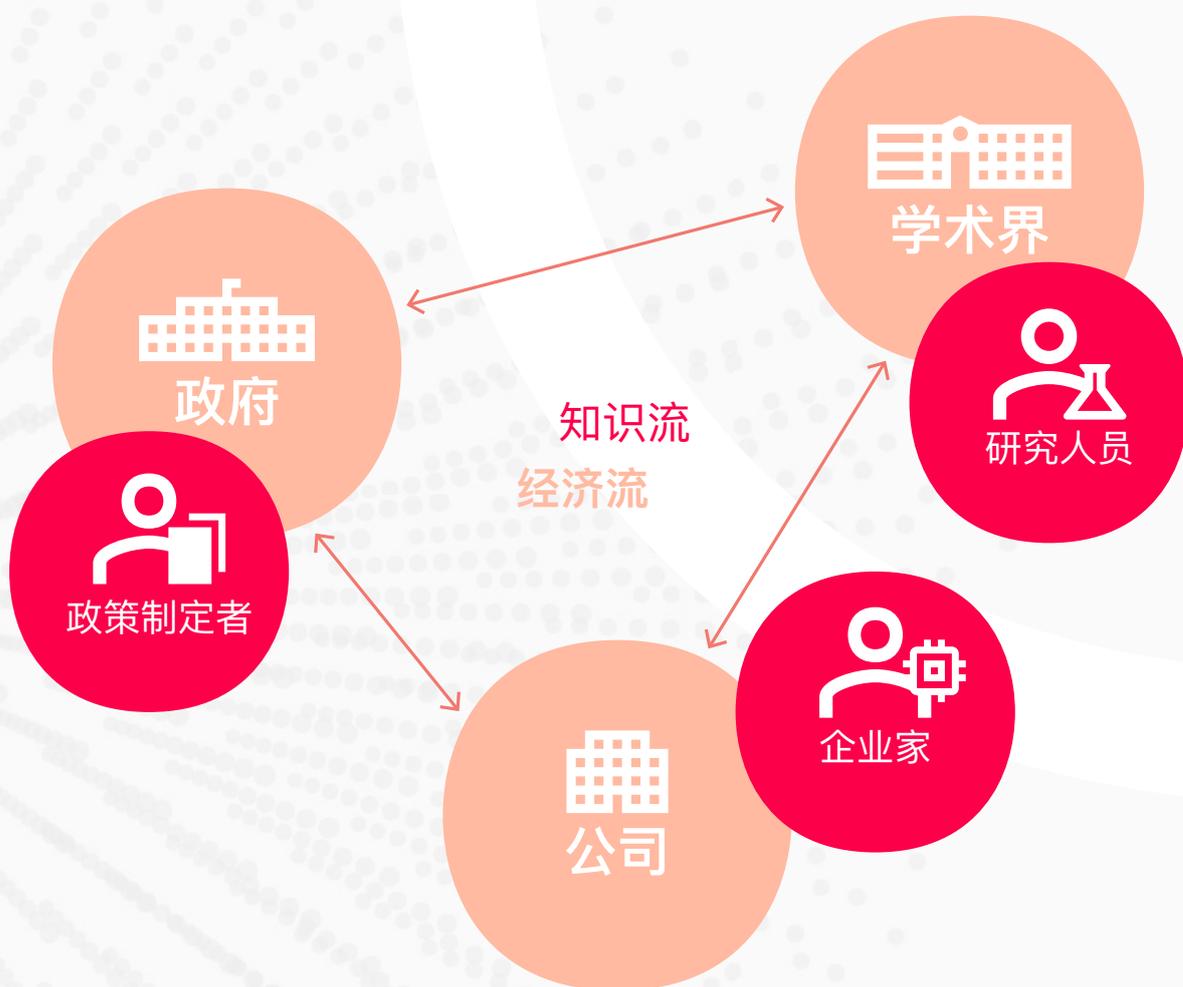
早期采用的政策不仅旨在降低创新风险，而且还旨在增加使用特定技术的公司数量。政府可以介入，以促进特定技术的生产，并以此确保该技术达到足够的规模，使其能够盈利。

政府还可以引导对含有所需创新的某些商品和服务的消费，从而间接地降低风险或激励采用该创新。政府可以向生产者提供补贴，以降低价格，或向消费者提供补贴，鼓励他/她们购买。政府可以通过政府资助教育计划来影响创新的采用，从而降低成本，降低获取熟练劳动力的难度，并促进在选定领域的创业精神。

数字技术监管（包括如何监管数据的获取）在维持一个促进和奖励创新的竞争性市场方面发挥着重要作用。随着数字技术的快速发展，全世界许多政府目前正在考虑调整其监管工具箱。

世界上的巨大挑战（如应对气候变化、减少不平等现象、确保粮食安全、预防大流行病等）都是公共问题，私营部门仅依靠自身不太可能分配充足的创新资源来解决这些问题。气候变化也不可能通过个别经济体内部的私人 and 公共部门的努力来解决。只有通过多方利益攸关方的国际协调努力，我们才能够解决这些全球挑战。

# 创新生态系统 确定创新方向



# 创新方向是什么？

自从苏格兰工程师詹姆斯·瓦特（1736–1819年）在250多年前制造出第一台实用蒸汽机，进而引发了第一次工业革命以来，技术的快速进步推动了更广泛领域的经济增长，惠及全球各国和各经济利益攸关方。当前，世界正处于以机器人、人工智能和大数据等数字技术为基础的新工业革命——第四次工业革命——的开端。

各国、各行业和各公司在将研发资源（包括人力和财力资源）转化为新技术方面的投资数量和速度，将在很大程度上决定未来的经济增长、生活水平和全球整体福利。

然而，并非所有关于创新（即人们理解的商业化新产品和新方法）的决策都很容易做出。在任何特定时期，现有技术与前景看好的新技术在潜在回报方面都存在竞争。蒸汽机、电力和互联网都有可行的替代品，这些替代品都可以取代它们或阻碍它们的发展。在1800年代，“斯特林”热力发动机被视为蒸汽机的强劲竞争对手，但它不太适合当时可用的原料和工业需求。在20世纪之交，城市照明大多依靠燃气。直到电力在随后的几年里被广泛使用，城市才开始使用更安全、更便宜、更明亮的电力照明来取代燃气路灯。在1980年代，也就是在电子邮件和互联网蓬勃发展前的十多年里，法国已经广泛使用一种被称为Minitel的交互式在线内容服务，通过连接到电话网络的屏幕、键盘和调制解调器进行交流或购买商品。具有讽刺意味的是，与没有开发出类似创新系统的邻近经济体相比，法国对当时这一开创性技术的投入最终被证明走进了一个死胡同，减缓了互联网在法国的采用。

因此，决定走哪条技术路线并不是一项简单的任务。虽然无论何时，技术机会都可能层出不穷，但投资在创新方面的经济资源却并非源源不断。可分配给创新活动的人才——工程师、科学家或企业家——和财政资源都是有限的。为了获得最高研发投资回报，私营公司和企业家在作出创新决策之前，总是要权衡各种技术的技术前景和消费者偏好。例如，在20世纪初，汽油和电动汽车并存；然而，城市之外的地区几乎没有电网基础设施，而支持汽油动力汽车的基础设施开发成本较低。因此，消费者更加青睐可提供自主权的汽油动力汽车。

越是成功的创新决策，越可能具有革命性——或“颠覆性”：例如，移动电话已经改变了电话市场。出现了一些生产成功创新产品的新公司和行业，取代那些不太成功的生产商。政府和政策制定者在决定如何最好地使用纳税人所缴纳的税款以及制定政策支持创新时，面临着尽力做出正确选择的挑战。

经济学家所称的“创新方向”，即本世界知识产权报告的主题，是个人、企业、高校和政府就可追寻的技术机会所

做出的所有决策的组合或总和。创新方向的短期经济影响比较容易预测和协调。为了应对COVID-19大流行，政府和公司成功地将创新投资转向了疫苗开发、批准和大批量生产（见第三章），在创纪录的时间内实现了这个目标。疫苗大幅降低了大流行病导致的死亡人数，有助于全球经济从2020年大流行病引发的衰退中恢复过来，而参与疫苗生产的私营公司也赚得盆满钵满。

相比之下，创新方向的长期经济回报更难预测，也更难协调。例如，很难预见COVID-19在更远的将来会产生什么影响。同样，迄今为止为开发“清洁”技术以遏制二氧化碳（最常见的温室气体）排放所做努力的结果还不确定。目前还不清楚所投入的资源是否充足，以及所探索的技术路径是否能够充分互补，以便能成功应对全球变暖的危机（见第三章）。技术选择可以带来超出预期的商业机会，有时甚至会对未来产生深远影响。如第二章所述，太阳能电池板最初是在1950年代末作为美国太空计划的一部分部署的，但过了很多年才开始投入商业使用。

此外，不光存在投资多少的问题，而且还存在如何在不同的技术选择中分配投资资金的问题。对特定创新活动进行人力和财力资源分配可以确定社区、国家乃至世界在未来几十年的创新方向。

政府政策在确定创新方向方面发挥了哪些作用？各国政府已在诸多方面尝试通过资助高等教育和与研究相关的活动来引导创新。大多数经济体都有学术机构，如高校和其他高等教育机构，由它们开展政府资助的培训和研究项目。这些是试图应对基础科学的不确定性和广阔视野的长期政策的一部分。政府还资助以任务为导向的科学和技术项目，如美国国家航空航天局（NASA）或欧洲航天局，它们经常委托私营部门进行技术开发。

政府政策和私营公司的创新决策同时共存于复杂的创新生态系统中，该生态系统中包括个人（如科学家）、政府机构和跨国公司等。政府和私营公司可能互补，也可能以其他方式争夺有限的创新资源。无论哪种情况，它们都会不断地相互影响。例如，正是政府的需求催生了美国太空计划、美国国家航空航天局和美国航空航天业（见第二章）。了解创新生态系统对于制定创新政策

# 经济学家所说的 “创新方向”，是指个人、企业、高校和政府就可寻求的技术机会所做出的所有决策的组合或总和

来说至关重要，这些政策能够有效地分配资源，诱导和指引创新朝着世界的具体需求发展。

过去的科学发现有助于未来开发新的创新产品。多年来所进行的基础研究以及在生物学和遗传学方面所取得的进展，使得可以如此迅速地开发COVID-19疫苗（见第三章）。政府和私人消费者的选择影响着工程师和企业家开发哪种新产品。

当前，有些技术即将产生巨大的变革：例如，可再生能源、基因编辑和纳米技术。基于数字技术的新工业革命已经给全球经济带来了深层次的变革，重塑了国际和当地价值（供应）链，改变了劳动力在服务业中的作用。一些行业将大放异彩，而另一些则逐渐消退。

这些新的数字技术有助于应对全球“重大挑战”，如全球变暖和未来的大流行病（见第三章）。但政策制定者如何确保持续进行必要的创新？如何鼓励在可持续技术和对社会负责的技术等提升社会福利的领域进行创新？

本报告试图就这些关键主题展开讨论。第一章探讨左右创新方向的主要概念要素，介绍发挥作用的经济力量，并确定创新生态系统背景下的创新方向。第二章通过三个历史案例对这些概念进行研究：第二次世界大战期间的创新、航天工业的形成和亚洲信息技术产业的崛起。第三章展望了创新在应对以下三个具体重大挑战方面的作用：开发遏制全球变暖的清洁技术；应用从COVID-19危机中吸取的经验教训；以及成功地驾驭颠覆性的新数字技术。

# 技术

## 推动创新增长

发动机和运输



1895-1925年



生物制药

1930-1960年



信息与通信技术

1965-2000年



数字技术

1965-2000年

# 确定创新方向

**什么是创新方向？它是指个人、企业、高校和政府在一时间就任何活动领域可追索的创新路线所做出的所有决策的总和。尽管创新的技术和科学机会可能层出不穷，但投资于创新的财力和人力资源却并非源源不断。一些关于在哪个领域追求创新的决策最终取得了惊人的成功，正如下文和第三章所讨论的最近为防治严重急性呼吸综合征冠状病毒2 (SARS-CoV-2) 而开发新信使核糖核酸 (mRNA) 疫苗的情况一样。其他的决策则走进了一个死胡同。**

个人和公司的创新决策很可能是受到经济利润前景驱动的。但它们也可能影响社会经济，不管是积极的还是消极的影响，这些影响都超出了当前的商业环境。因此，决策可能会使社会和对私人对创新方向的期望趋向一致或并存。第1.1节通过研究创新的私人和社会回报概念对此类期望进行了探讨。第1.2节的主题是公司、高校和政府互动的复杂生态系统。第1.3节探讨了塑造创新方向的经济力量。第1.4节列出了可用于诱导创新的主要政策工具，并探讨了它们是如何塑造创新方向的。第1.5节讨论了欠发达国家是如何实现创新的。第1.6节是本章的结尾，给出了关于未来创新方向的一些一般性意见。

## 1.1 社会和私人回报

私营公司和企业家不断地做出创新决策，希望这些创新能够促进其业务发展。他们判断将新技术纳入生产流程或开发新技术或产品在经济上是否划算，还要决定寻求什么样的技术机会。例如，冠状病毒病 (COVID) 疫苗的开发公司需要在传统疫苗技术和新信使核糖核酸技术之间做出选择，传统疫苗技术是通过弱化或灭活病菌来建立自身防御。(新信使核糖核酸技术是从SARS-CoV-2中找出一小段遗传代码，以一种免疫反应的方式刺激产生抗体)。

这些决策的私人回报 (本质上是利润) 是公司和企业家从成功的商业化创新中获得的收入与所投入的所有开发成本 (包括失败的早期尝试) 之间的差额。政府可以通过税收政策、补贴和贷款来减轻一些成本，还可以通过保证价格来确保私人创新的收入。我们将在第1.4节进一步讨论此类创新政策。

社会回报包括创新对整个社会的影响，包括对更广泛的经济和环境的影响，而不仅仅是对公司盈亏底线的影响。社会回报这个概念包括了所有的创新收益或私营公司的利润，以及高校和公共研究机构的科技创新活动。后者为私营部门的创新提供支持，包括通过高校创办的初创公司和分拆公司。

创新可以对环境、公共卫生、当地社区或特定人口等产生变革性的社会经济影响，无论影响好坏。在许多情况下，私营部门在追求特定的创新路线时不会将此影响 (社会回报的一个方面) 考虑在内。经济学家将这种变革性创新归类为“外部效应”，因为进行这些创新的利益攸关方往往并未想到它们会带来变革性影响。

例如，当一家公司开发出更便宜、生产效率更高的新技术时，在所有条件都相同的情况下，它应该受益于更多积极的私人回报 (以更多利润的形式)，因为该公司具有了竞争优势。但是，如果该技术更环保，则它还将对社会经济上惠及更广泛的社会群体。这种更清洁的技术向其他公司和市场传播得越快，社会回报就越高。相反，如果一个私营公司开发出了一项更便宜、生产效率更高但污染更严重的新技术，也可能获得更高的利润，但将对社会经济产生不利影响。

当预期回报既可预见，又容易以货币形式获得时，私人利益攸关方会以最快的速度抓住创新机会。它们可能会被失败风险较低、开发时间较短、规模较小 (规模越小，风险往往越小) 的创新项目吸引。不符合这类特征的创新机会可能不太容易盈利。<sup>1</sup>

也就是说，风险较大、时间较长、规模较大的创新机会通常最有可能带来积极的社会回报。例如，一些突破性技术 (如蒸汽机、电力或互联网) 后来被广泛采用，引发了许多不同行业的后续创新。这些就是所谓的“通用”技术，我们将在第1.3节中进一步讨论。这种创新的广泛应用往往不会立即出现，早期投资在一段时间内可能看起来存在不确定性，甚至风险很高。

当涉及到解决社会所面临的巨大挑战时，大量的创新机会便会涌现出来。全球变暖、大流行病或犯罪等挑战促使人类寻求清洁技术、疫苗或更安全的手段。创新可以促进知识的分享或传播，以及人力资本的积累。政府可能希望那些创新公司与其他公司共享创新成果，以便获得更大的经济利益 (包括获得训练更有素且技能娴熟的劳动力)，即使这会限制创新的潜在私人回报。

对政府来说，促进创新的社会和私人回报是一项艰巨的任务。政府通常通过将活动和资源集中在影响公共利益的创新上来实现这一目标，也就是免费向所有人提供商品或服务，如国防或知识。例如，政府资助公共研究和教育，以推广新科学知识并更广泛地传播此类知识。政府也是国防或卫生等特定战略行业主要的创新技术需求方<sup>2</sup>。近期一个明显的典型例子涉及不同的政府举措（如美利坚合众国（美国）的“曲速行动（OWS）”），这些举措旨在促进并加快COVID-19疫苗、治疗和诊断法的开发、生产和分销（见第三章，专栏3.1）。

## COVID-19疫苗的社会效益远远超过其私人效益

图1.1: 估计的社会和私人效益



资料来源：基于芬克（Fink，2022年）的估计。

由于寻求优化不同领域和行业对创新的私人和社会回报的私人 and 公共利益攸关方所做的选择以及他们之间的互动，创新方向正在不断发生变化。下一节将探讨在确定创新方向时，这些利益攸关方是如何在一个复杂的生态系统中互动的。

### 专栏1.1

#### COVID-19疫苗开发的社会效益与私人效益对比

COVID-19大流行的全球规模及其深远的经济影响意味着疫苗开发成功所带来的私人和社会回报必然会很高。但是，究竟有多高？

根据成功商业化的疫苗的价格数据，并假设疫苗接种最终将覆盖全球75%的人口，芬克（Fink，2022年）估计私人总收入为1,305亿美元。即使仍然无法确定研发成本，这一数字也意味着创新获得了巨大的私人回报。

尽管如此，疫苗的社会效益却比这高很多倍。社会效益包括被拯救的生命和所避免的健康损害的价值，也包括因减少政府为控制疫情所必须采取的措施（如封锁）而避免损失的经济产出的价值。该研究基于一个反事实的流行病学路径，该路径基于疫苗接种前的感染病例和假设实现群体免疫来获取信息。然后，通过所谓的统计学生命价值估计和2020年疫苗接种前的全

球产出损失，估计社会效益达到70.5万亿美元——超过私人效益的887倍。

即便没有任何公共研发资金，COVID-19疫苗也可能被成功地研发出来。但是，成功的疫苗创新所带来的社会回报非常高，凸显了政府调动资金及帮助协调临床试验和扩大生产能力的原因。

芬克的研究还探讨了病毒变种的出现、注射加强针的需要以及不同流行病学路径是如何影响私人和社会回报的。相对于合理的研发投入来说，这些回报仍然很高，而且通常认为社会效益至少高于私人效益220倍。

社会回报的计算没有考虑到一些难以量化的社会经济影响，而且有些影响可能长时间才会出现。这些经济影响包括：大流行病使医疗系统不堪重负而妨碍人们获得医疗保健；学校长期关闭造成的教育损失；工人失业并永久退出劳动力市场；以及公共债务与国内生产总值（GDP）的比率升高使财政可持续性受到质疑且挤占其他公共投资。

此外，早期证据表明这场大流行病与COVID-19以外疾病的临床试验减少5%有关联。<sup>3</sup> 鉴于病毒构成的威胁，研发资源的重新分配很可能符合社会的最佳利益；然而，这可能需要以减缓抗击其他疾病的发展为代价。

## 1.2 创新生态系统内的互动

科学机构可以通过开发更多应用程序来培训专门的工程师或通过技术转移到特定的行业等方式，决定影响特定领域的创新方向。各行业和公司可以决定加大对研发和其他创新活动的投资力度。为此，它们要么开创新技术，要么向其他创新生态系统的利益攸关方（如高校、供应商或竞争对手公司）借鉴现有的技术。<sup>4</sup> 政府借助各种各样的公共政策工具分配人力资源和财政资源，从而影响创新方向（见第1.4节）。

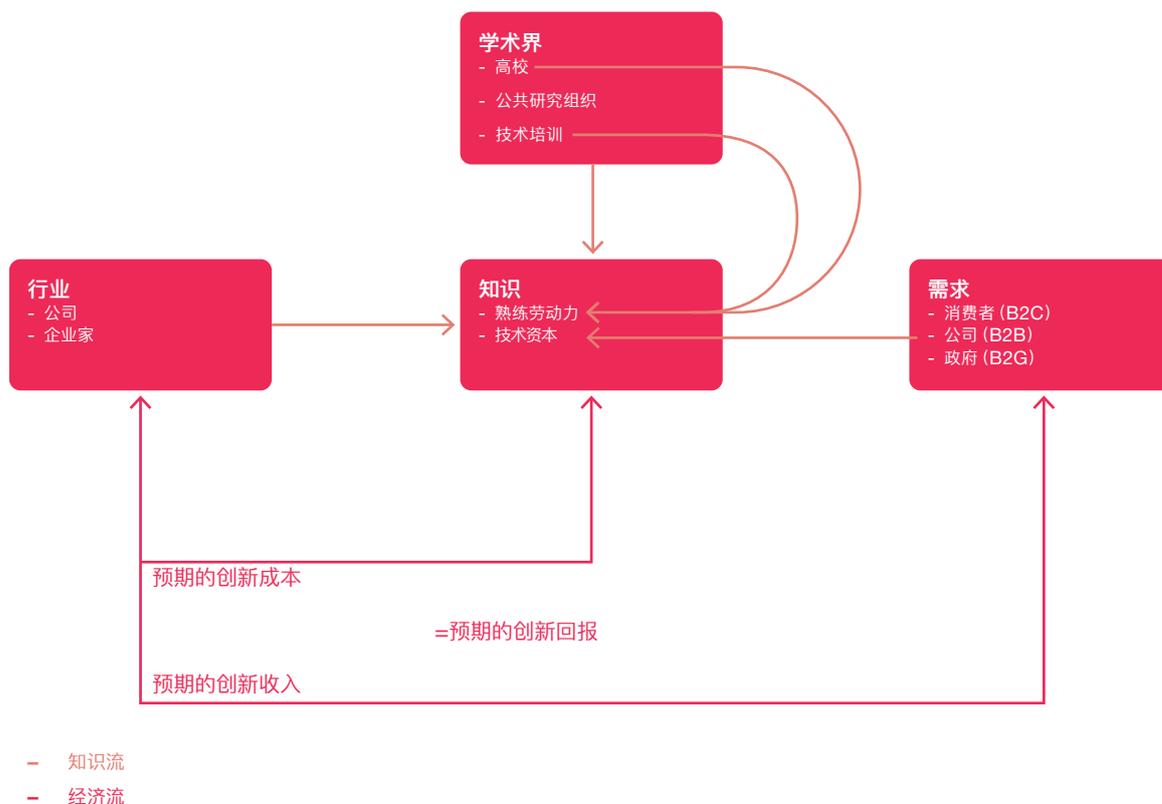
可以将一个创新生态系统定义为所有利益攸关方的组合，这些利益攸关方的选择影响着创新相关的结果，因此也影响着创新方向。利益攸关方包括公司（从专业供应商到终端消费者生产商或零售商）以及如前所述的具有科学和技术使命的机构，如高校或公共研究组织。但生态系统也可以包括没有主要的科学或技术使命的机构，如政府机构、金融机构或知识产权局等。创新环境内的衔接程度不仅取决于该环境中各机构的发展程度，还取决于各机构之间的互动。生态系统内发生的选择和互动将在很大程度上影响创新方向。

### 生态系统按地理位置和主题聚集

若干经济和社会科学文献已经讨论了创新生态系统的概念。<sup>5</sup> 生态系统的利益攸关方参与非线性的、高度相互依存的知识和思想交流，最终产生创新。

## 创新生态系统的利益攸关方通过互动实现创新

图1.2: 创新利益攸关方之间互动的概念性总结



资料来源：改编自 (Schmookler, 1962年a) 和 (Kline and Rosenberg, 1986年)。  
注：B2C, 企业对消费者；B2B, 企业对企业；B2G, 企业对政府。

我们发现创新和知识在特定地理或主题范围内最易流动。<sup>6</sup> 同一城市或区域的个人和机构之间正式或非正式的互动更强，带来了更多的知识流动和创新机会。同样的规则也适用于应用同一种技术或具有同一种商业联系（例如在特定的全球价值链中）的创新生态系统。拥有类似科学、技术或工业背景的个人和机构也最容易沟通，进而交流知识。<sup>7</sup> 旧金山周边地区被称为硅谷，有着充满活力的信息与通信技术（ICT，信通技术）创新生态系统，是按地理位置和主题集中的一个例子。另一方面，汽车制造商的全球价值链是按主题集中而非按地理位置集中的例子；也就是说，高度具体的创新在世界各地的汽车零部件供应商和汽车装配商之间全方位流动。

请注意，地理上和主题上的接近取决于技术人员的流动性，这些人员是最佳的知识流动渠道，特别那些具备隐性知识的人。人才在同一生态系统内进进出出，促进了信息和知识的传递。然而，地理上或主题上不接近并不一定阻碍创新生态系统与外部社会利益攸关方或其他科学和技术主题之间的联系。<sup>8</sup>

### 生态系统如何确定方向

创新生态系统利益攸关方之间的互动基于知识流。这些知识流在一个创新生态系统内积累，决定了利益攸关方可利用的潜在创新机会，反过来又确定了创新的方向。图1.2汇总这些互动，我们将在下文进一步加以讨论。

在创新生态系统中，每个利益攸关方都对知识集合做出了贡献并利用知识集合。<sup>9</sup> 教授在高校或技术教育项目中利用这些知识培训未来的科学家、技术专家和企业家，而研究人员则为知识集合贡献新的基础和和应用科学知识。工程师和技术专家在公司、高校或政府机构工作时应用这些知识，这有助于促进实验和技术基础知识的增长。企业家在创办新公司时利用这些知识，并在设计新产品或工艺时贡献新的知识。

哪些因素决定了利益攸关方选择的创新方向？多种互动在同时进行。首先是好奇心。好奇心引导研究人员探索新的科学领域，引导工程师试验新工艺或新技术。好奇心并不局限于高校和公共机构的研究项目。越来越多的公司设立了工程或正式的研发部门，这些部门对科学和技术充满了好奇。高校或公司实验室以外的个人也会产生好奇心。自学成才发明了电灯泡的托马斯·爱迪生（1847–1931年）、演员兼发明家海蒂·拉玛（1914–2000年）和苹果公司的联合创始人史蒂夫·乔布斯（1955–2011年）都是在所有形式的正式组织框架外激发了自己的好奇心。<sup>10</sup>

公司、企业家和政府根据对潜在的私人和社会回报（也就是公司或社会的潜在利润）的预测来确定创新机会。

一家打算研发创新产品的公司将评估开发和生产该产品需要何种熟练劳动力和技术资本。市场上可能已经有了所需的劳动力和设备，或者公司可能需要培训工人或从头开始制造设备。由于所涉及的风险和成本，已经配备了

人员和设备的领域可能会更快出现创新成果。例如，在一个创新生态系统中，精通计算机的科学家和工程师以及先进的计算硬件越多，企业家和公司就越有可能进行与信通技术有关的创新。

反之，缺少资本或劳动力也可以起到激发创新机会的作用。缺少与计算相关的先进硬件本身就可以为信通技术行业的专业供应商带来创新机会，比如那些提供共享计算和存储能力服务的供应商。专业劳动力的成本也可以激励设备企业家生产可替代劳动力的创新产品。一些学者指出，19世纪美国劳动力稀缺导致美国比英国更快速地将创新努力转向节省劳动力的技术，而英国在那之前一直是世界工业领导者。<sup>11</sup> 熟练劳动力稀缺也可以促使高校和政府机构创办新的培训项目，提供特定行业所需的特定类型的熟练劳动力。

创新是对盈利机会作出的迅速反应，而盈利机会又与实际或潜在市场的规模有关。<sup>12</sup> 需求前景看好将促使企业家和公司进行投资，因为他们更有把握收回创新成本并获得利润。规模经济也适用于创新过程。遇到问题的人越多，就越有可能找到创新的解决方案。同样的道理，思考一个问题的人越多，就越容易找到解决该问题所需的创造性人才。同样的逻辑也适用于具体的投入和工具。

市场规模和偏好在很大程度上解释了企业在某个特定方向的创新速度，当前的计算机和移动电话市场就证明了这一点。在20世纪早期，汽车消费（和错综复杂的创新）的激增与其说与科技机会有关，不如说与世界上某些地区的经济和社会变化有关。内燃机和其他汽车零部件的科学知识和技术在供需热潮出现之前就已经出现了。事实上，一些学者认为，汽车创新是在美国出现了能够负担得起汽车价格的相对富裕的中产阶级后才兴起的。<sup>13</sup>

市场不仅包括私人终端用户，还包括供应链中的其他公司，以及政府和机构。如前所述，熟练劳动力或技术资本的稀缺及其成本可以为供应新设备或提供专业培训的公司创造潜在市场。这些“企业对企业”市场也有助于确定创

新方向。劳动力成本可以刺激机器和设备的专业供应商为其他行业进行机器人和自动化领域的创新。同样，运输成本也可以触发集装箱化或三维（3D）打印技术的创新。

政府参与创新包括资助公共研究和教育，以及充当战略行业创新技术的主要需求来源。政府的政策经常诱导并支持学术计划的变化，以供应更多熟练劳动力。大韩民国（韩国）在1960年代和1970年代创建的政府研究机构就是如此，例如，韩国科学技术研究院（见第二章）。自1990年代以来，中国也存在这样的例子。在上述两种情况下，这些机构都为信息技术行业培养了专业劳动力。由政府充当创新技术主要需求来源的领域包括国防、卫生、教育和农业。<sup>14</sup>

### 1.3 发挥作用的经济力量

创新生态系统的利益攸关方做出的决策不断改变着创新的方向。本节将探讨他们是如何“深化”或“扩大”创新方向的。

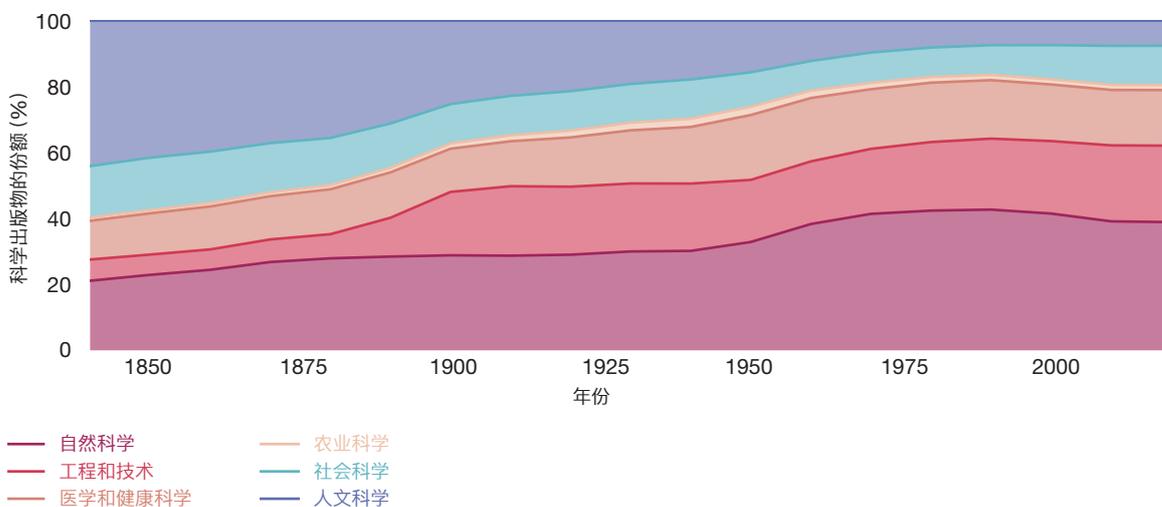
#### “深化”创新方向

经济资源倾向于向最有利可图的技术以及使用这些技术的行业流动。这可以强化过去的技术决策并优先考虑最成功的创新和产业。这种强化机制“深化”了当前科学领域和各行业的创新决策，在确定创新方向方面发挥了强有力的作用。

将更多的人才和财政资源简单地分配到某一领域或行业，是公司或政府直接影响创新方向的方式。重新分配更多的科学家和研发设备可以加快特定技术领域的科学发现和 innovation 步伐。例如，在20世纪上半叶为发现新的抗生素所做的努力，或最近为生产COVID-19疫苗所做的努力都是如此（见第二章和第三章）。<sup>15</sup> 分配更多创新投入也有可能激发更多与生产流程有关的创新。各公司的研发部

## 科学产出已向“硬”科学转移

图1.3: 1840–2019年按科学领域分列的科学出版物份额

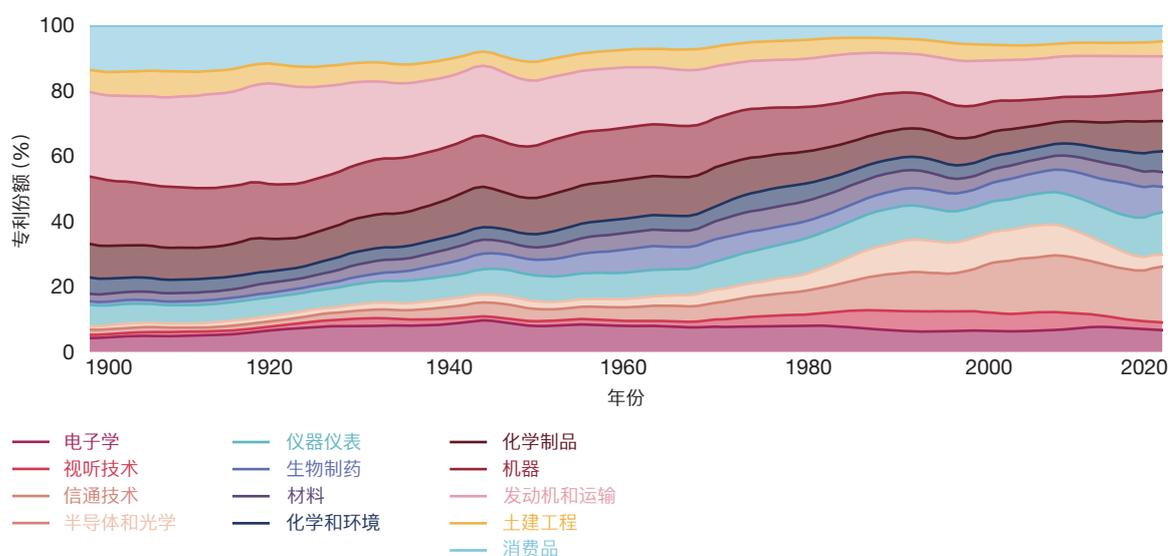


资料来源：微软学术图表。

注：基于经济合作与发展组织（经合组织）确定的科学领域。

## 从发动机到信通技术创新的百年转变

图1.4: 1900–2020年按技术领域分列的专利份额



资料来源：欧洲专利局全球专利统计数据库（PATSTAT，2021年10月）。  
注：基于产权组织的技术领域。

门可以开发新的想法，或者调整现有的想法，以提高现有产品的生产效率。不断有经济研究发现，在研发方面投资最多的私营公司和行业，最终投入的每单位资本或劳动力的产出也最多。<sup>16</sup>

创新方向与资源分配有着内在的联系。在研发方面定期投资最多的领域和行业最终会在科学、技术和创新产出方面超过投资最少的领域和行业。例如，一个世纪前，科学界对病毒学的兴趣以及对病毒疫苗生产的投资要远远低于今天，即使相对而言（即考虑到当时不同的知识水平）也是如此。不仅仅是该领域后来的发现，还有快速对这些发现和相关产业重新分配资源，都解释了后续的创新方向和活动增多的原因。当前汽车和飞机产业复杂的跨国价值链都源于一个多世纪前在独立和非正式的车间进行的近乎业余的创新。（被认为驾驶第一架机动飞机的莱特兄弟最初是在自行车修理店工作的。）移动手机和连接互联网的应用程序直到近期才出现，目前已经成为工作和休闲的标配。这些都是科技机遇的例子，政府和公司抓住这些机遇，在短短几十年间从完全不投资转变为倾注大量的人力和财力资源。

科学出版物的历史数据也说明了创新资源分配的迅速转变（见图1.3）。按科学领域分列的科学出版物份额反映了科学利益攸关方对这些领域的偏好，表明了科学以及最终的创新的有效方向。<sup>17</sup>与19世纪早期至20世纪下半叶相比，各主要科学领域出版物的比例发生了巨大的变化。在此期间，通常被称为“硬”科学的与健康科学、工程和自然科学有关的研究的总体份额有所增加。从1800年代初到2010年代，数学、物理学、化学或生物学等领域的自然科学出版物占有记录的科学出版物总数的份额从16%增至36%。同一时期，与工程有关的出版物的份额从7%增至24%，而健康和医学科学的份额从9%上升至16%。

同样，按技术领域分列的专利申请也反映了利益攸关方的创新方向。从全世界首次提交专利申请的总数在各个

技术领域的分布，可非常明显地看出创新方向的快速变化（见图1.4）。不足为奇的是，在上个世纪，那些与信通技术有关的技术领域的份额涨幅最大。在信通技术中，计算机技术增长最多，在到2020年的十年中占有所有专利的10%以上。在数字通信、电信和半导体领域也存在类似的情况。专利更集中在信通技术领域，主要是以牺牲“传统”技术为代价的，特别是那些与机械工程有关的技术，例如机器、工具和内燃机。

成功的动力强化了深化模式。科学家和技术专家会理性地在最有成效的科学领域和行业中选择职业。企业家和大公司将优先考虑在前景看好的行业开展项目，比如创办新公司或推出新产品。随着时间的推移，创新资源（包括人力和财力资源）将自然而然地被吸引到生产效率最高的领域和行业。该机制将加强并深化那些成功的科学领域和行业的创新轨迹。

### “拓宽”创新方向

创新生态系统内的行业、公司和科技机构经常互动交流。周围发生的创新和经济活动有利于它们开展创新活动。应用型科学家和工程师系统且持续地应用技术有助于理论科学领域的发展。一个领域新的科学发现往往只是不同领域的知识结合应用的结果。物理学中的科学发现影响了信通技术产业，而私营公司的计算能力和存储相关创新则有助于提高研究人员和物理机构的科学生产力。生物研究实验室越来越广泛地使用定制的3D打印机来生产研究专用的实验工具和设备。同时，3D打印技术专家一直在根据生物科学知识探索“生物打印”的应用，如构建移植器官。<sup>18</sup>

科学和技术的分界线已经越来越模糊了，这种趋势最早可追溯到1800年代中期。当今各行业既受到来自于科学实验的信息、技术和方法的启发，也从中获益良多。<sup>19</sup>尤其

是当下的高科技产业，在该产业中基础科学研究最具有影响力。<sup>20</sup> 苹果、谷歌、华为、三星或腾讯等公司的研发实验室产出的基础科学成果直接推动这些公司的创新发展。

有时，给一个领域的创新分配更多的资源，会提高另一个领域的产出。历史上，一个行业的创新传播到其他行业的例子比比皆是。以蒸汽机为例，最初开发蒸汽机是用于从被淹没的矿井中抽水，后来它成为铁路和海上运输的主要动力来源。一些参与合成橡胶开发的化学公司在汽车制造商对橡胶轮胎的需求的刺激下，最终转换行业，成为汽车行业的固有组成部分，完全不再是化学公司。

依赖视听技术、生物技术或管理技术的行业已经从信通技术革命中获益了。长期以来，视听产业一直随着镜头或模拟录制技术的创新而不断进步。但在过去的三十年里，录制和分享内容的数字技术已经彻底改变了整个行业。这一情况也同样适用于制药业的实验室和所有行业的管理部门对数字技术（包括硬件和软件）的使用增多。诸如视听技术、用于管理的信息技术方法以及更小层面的生物材料分析等领域的专利申请份额都有所增加。基础专利数据表明，该情况可以追溯至信通技术应用初期，如图1.5所示。

大部分创新方向是由各行业根据经营经验或供应链获得的知识确定的。<sup>21</sup> 这一点在机械工具和设备行业为其他

行业开发新的资本货物的情况下尤其明显。<sup>22</sup> 整合创新工具和设备是其他行业提高创新性和生产力的最直接途径。例如，车床和铣床工具的创新对大多数制造业的生产力产生了巨大的影响。同样，巴氏杀菌技术和制冷设备的创新对食品行业来说至关重要。

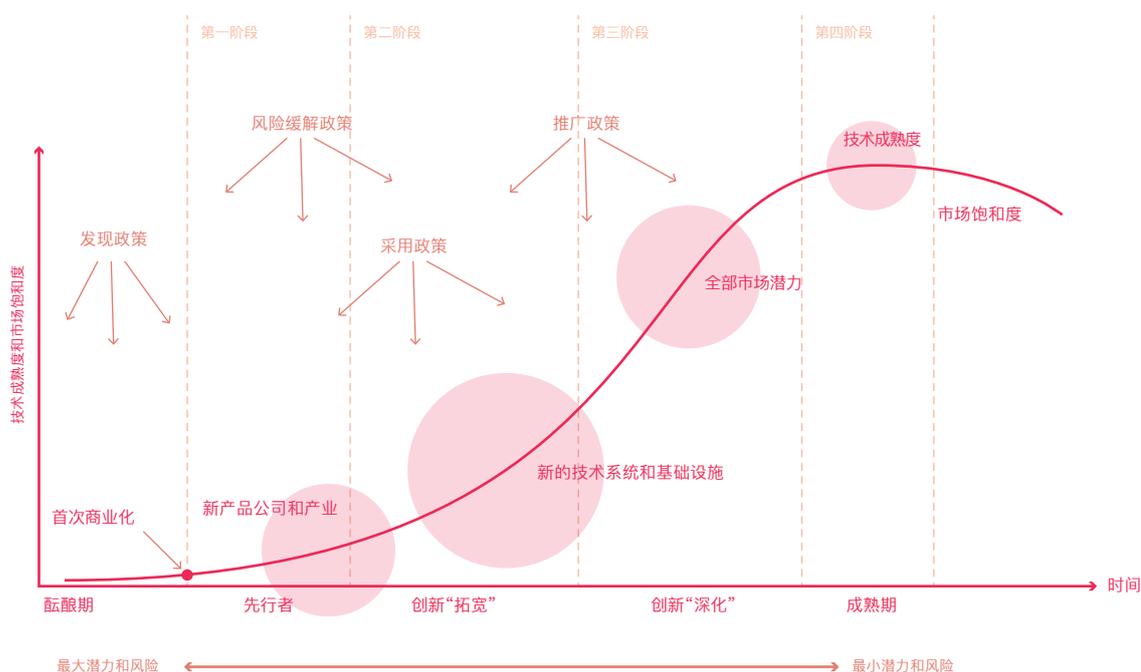
知识和创新在各领域和行业之间流动为科学家、工程师和企业家提供了强大的动力，促使他/她们进入新的领域和行业应用已掌握的技术。与“深化”相反，当“拓宽”创新方向时，研发和创新资源可以有效地转移到竞争力不足且机会较多的领域。这种拓宽机制将某项技术扩散到其他领域和行业，重新分配财政和人力资源，并最终影响创新的方向。

### 成熟度不同，回报不同

一项创新（新产品或新方法）如果成功的话，会通过持续改进随着时间的推移而积累的基础技术而不断向前发展。不同的利益攸关方共同推进了这种改进的积累。在创新的酝酿阶段，只有少数企业家和极少数的公司会参与到技术的开发和改进之中。慢慢地，随着发明者、创新者和模仿者相继出现并进入相关领域或行业，改进的积累呈现出分阶段加速的情况（见图1.5）。

## 在—项获得成功的创新的酝酿期和成熟期，创新利益攸关方和风险会有所不同

图1.5: 围绕新技术不断发展的创新生态系统的概念性总结



资料来源：改编自Perez（2003年）。

新的企业家和创新企业的融入，给老牌企业带来了新的技术知识和理念。这种新的融入导致使用创新产品的公司的技术和产业范围扩大。有越来越多样的公司正在思考如何更好地为特定的情况改进技术。随着时间的推移，这些新公司往往会取代许多老牌公司。这就是所谓的“创造性破坏”，最具创新性（也就是更有创造性并且商业上更成功）的公司取代了老牌公司。<sup>23</sup>

在该阶段和随后的一些阶段，新公司和继续存续的公司确定了有关领域的创新方向。在后期阶段，主要通过渐进式创新和模仿，深化当时已经确立的技术轨迹。

在不同阶段，创新生态系统的反应是不同的。某项技术的成熟度可能会影响到渐进式创新，并因此影响到创新方向的决定因素：因此，在早期拓宽阶段，规模

较小的和创立时间较短的公司决定了创新方向，而在深化阶段，在市场上占主导地位的老牌公司决定了创新方向。<sup>24</sup>

为什么会出现这种情况？在连续的技术改进浪潮中，私人和社会回报之间的差异较大。私人收益的前景不仅在特定行业或领域的各个阶段差异较大，而且在不同行业不同技术成熟阶段也不同。

在新技术的酝酿阶段，由于与现有竞争技术相比，失败的风险较高，因此创新的私人回报通常较低。然而，充分开发一项酝酿中的技术的社会回报可能较高。<sup>25</sup> 不管先行企业所有已经发生的私人和社会成本如何（例如，破产、工作机会的丧失等），从长远来看，整个社会仍然可以因一项新技术的成熟和由此引发的整合以及更高效公司的成立而受益。在美国，在20世纪的头一个十年里，数百家小型私人汽车制造商都在生产同等样式的汽车。仅仅几十年后，消费者就可以购买主要由少数几家公司生产的产量较小但更可靠的车型了。这些成熟的汽车成了许多行业的标准运输设备，使汽车制造商和消费者以外的其他社会群体受益。

没有人确切知道一项技术何时或是否会兴起。有时，最初可能存在能带来私人回报的前景，但实现这一前景的难度比预期想象的要大，或所需的时间更长。例如，太阳能电池板技术在成为产生家庭能源的商业可行选择之前，是应用于航天工业的（见第三章）。<sup>26</sup>

随着私人回报前景的增长，更多的公司可能会进入特定的市场，从而提高私营公司对创新方向的影响力。在后期阶段，私人回报往往很高，足以激励更多的公司采用当前已经成熟的技术并进入市场。

## 系统性冲击和通用技术

有时，会出现大规模意想不到的“系统性”冲击（例如由新的突破性技术、流行病危机或战争带来的冲击），改变创新生态系统的利益攸关方的偏好和优先事项。这些冲击会引起广泛的变化，影响到多个利益攸关方，并改变人们对创新的私人和社会回报的看法。

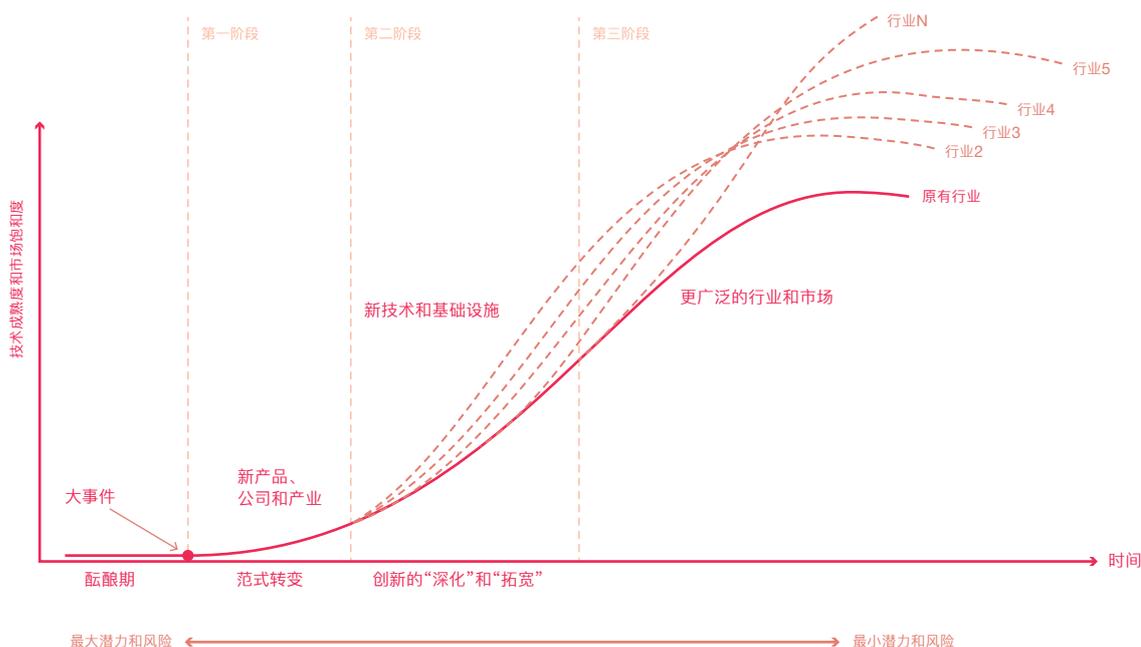
偶尔会出现一种新的突破性技术被广泛用于多个部门，同时在其最初出现的领域或行业内持续发展。这就是经济文献中所说的通用技术，通用技术能够同时深化并拓宽其发展轨迹。它使其他地方的后续创新成为可能，同时仍然在其部门内的技术前沿阵地上推动着科技发展（见图1.6）。新的公司和企业家相继采用此类通用技术，引发持久的累积性技术改进浪潮。<sup>27</sup>

不同的历史时刻往往以多项广泛互补的特定技术的发展 and 传播为特征。这些技术的共同特点是渗透的行业面广，并被用于工程和其他应用科学新领域的专业人员的培训中。已经注意到的历史上出现过的突破性创新的例子，如蒸汽动力、电力、内燃机以及最近的信通技术，都在科技领域以及工业和市场中产生了连锁反应。

这些通用技术可以以其他技术无法做到的方式重新配置多项主要技术。<sup>28</sup> 它们被广泛应用，引发了该类技术的生产部门与应用部门之间的财力和人力资源竞争。例如，应用于生物技术等其他领域的信通技术就是这种情况。与信息技术管理方法和生物材料分析有关的技术部门会用到信通技术，这些部门的专利份额与提供信通技术的数字通信和计算机技术部门的专利份额一同增长。对信息技术熟练劳动力（即人员）和半导体投入（如晶圆、晶圆、集成电路等）的高需求是可能导致部门之

## 通用技术“深化”并“拓宽”了创新方向

图1.6: 通用技术周期的概念性总结



资料来源：改编自Perez（2003年）。

间出现紧张竞争关系的两个例子；可以通过设立新的教育计划和对新生产能力进行投资来解决这种紧张关系。

系统性冲击改变了现有创新生态系统的主要技术基础。虽然大多数此类事件都可以追溯至“尤里卡”时刻——例如，青霉素、晶体管或用于基因编辑的成簇的规律间隔的短回文重复序列及其相关蛋白9（CRISPR-Cas9）系统的发现<sup>29</sup>，但都需要多年的知识传播和累积的渐进式改进，才能取得突破性的圆满成功。

系统性冲击不一定是科学或技术性质的。<sup>30</sup> 在特定条件下（如COVID-19大流行或第二次世界大战），国家的大量研发投入可能会转变方向。这表明，技术活动方向可能会对经济需求和非经济需求迅速作出反应。

有些冲击是由自然灾害引起的，如地震、海啸、野火、洪水或大流行病。这些自然灾害可以改变一个社会对任何特定环境或农业技术重要性的偏好。此外还存在一些对国家利益的冲击，如武装冲突、地缘政治动荡或贸易战。此类国家利益的冲击会影响社会对国防创新（例如太空探索）的优先考虑。其他社会现象（如文化和宗教信仰）也可以改变创新的重点，比如影响医学创新中道德层面可接受的方面。经济事件（如金融危机或通货膨胀）也可以通过优先考虑降低成本的技术或与社会援助有关的创新来改变创新重点。

政府和政策制定者通常需要在此类优先顺序变更冲击之后采取行动。政府将研究转向特定领域（如卫生、农业，当然还有国防）的做法由来已久。战争带来的系统性冲击是改变整个生态系统创新偏好的最明显例子之一。美国政府对第二次世界大战做出的反应是动员创新生态系统来开发军用技术。但是，这也促进了直接应用于非军事市场上的通信和医疗技术的发展（见第二章）。<sup>31</sup>

## 1.4 政策如何影响创新方向？

经济资源有限，并且在各科学领域或产业间的分配不平均。资金和人才的分配决定了生态系统如何确定创新方向。<sup>32</sup> 谁来决定在资源分配中优先考虑哪些技术机会，最终决定了创新方向。创新政策旨在确定此类优先顺序。

本节首先探讨了多种可用于诱导创新的政策工具。然后讨论创新政策的中立性，最后审视刺激某些技术需求的政策工具发挥的作用。

### 创新政策工具

对于想要决定创新方向的政策制定者来说，有一整套的政策工具可供选择。本小节从广义上回顾了这些工具，并将它们与图1.5所示的从酝酿期到成熟期的整个创新周期联系起来。这些工具是旨在引导发现、降低风险和鼓励早期应用和推广的创新政策。

#### 引导发现的政策

创新的不确定性和风险达到最高时，最需要可以刺激科学和技术发现的政策。这种政策最典型的例子是由政

府出资，支持学术机构和公共组织开展研究。通过此类政策工具，政府可以大力影响创新的潜在方向，优先选择某个领域。但政府可能需要资助此类项目长达数年，以便出现具有商业前景的发现。在分配资源之前，政策制定者和科学界之间需要就选择什么方向进行对话。

一个更直接的方法是政府采购。例如，政府通过定期直接采购来刺激国防和航空航天技术的发展。可以以不同方式授予合同，以便允许不同创新利益攸关方之间进行竞争或合作。专业公司和高校一起创建联盟来开发所需的创新产品便是一个合作的例子。然而，这种政策工具要求政府拥有关于具体交付物的深入的技术认识，不仅能够处理技术上复杂的合同，而且还能确保后续合规性。

学术奖（如不同科学领域的诺贝尔奖）或专利也可以作为刺激发现的间接工具。然而，由于奖项和专利均是在获得发现或发明后颁发的，所以它们几乎不会影响发现的方向。

下面我们将讨论可以刺激发现的政策工具，尽管通常只有在创新周期的后期阶段才能最强烈地感受到它们的影响。

#### 风险缓解政策和早期采用政策

可以说，整个创新周期内均可以采用风险缓解政策。但這些政策可能在初步发现之前的早期发展阶段最有效。研发补贴、软贷款（无利率或低于市场利率的贷款）和研发税收优惠是三种典型的缓解风险的政策工具。为开发COVID-19疫苗的公司提供的研发补贴（见第三章）就是其中的一个例子。

早期采用政策不仅旨在降低创新风险，还旨在鼓励企业使用特定技术。即使一项技术应用前景比较光明（也就是说它的应用风险很低），但其当前成本也可能阻碍其应用。在早期阶段，通常新技术的生产规模小、效率低，这就增加了成本，限制了采用者获得任何潜在利润。政府可以介入，以促进特定技术的生产，从而确保该技术达到足够的规模，使其能够盈利。例如，在第二次世界大战期间，美国政府提供了必要的补贴和软贷款，以扩大那些当时对创新抗生素药物投资犹豫不决的制药公司生产青霉素的能力（见第二章）。补贴、软贷款和税收优惠也属于此类政策，这些政策可以应用于供应侧，直接刺激企业采用新技术进行研发活动或将其作为设备使用。

另一方面，政府可以通过诱导对含有所需创新的某些商品和服务的消费，间接地降低风险或激励采用新技术。这种间接采用政策包括政府对生产者进行补贴以降低零售价格，对消费者进行补贴以鼓励购买。德国政府对太阳能电池板生产商提供援助属于前者的一个例子，许多政府对购买电动汽车进行补贴以吸引消费者购买属于后者的一个例子（见第三章）。

政府还可以通过公开资助高校和技术培训机构的教育计划来影响创新的采用。这些计划影响了熟练劳动力的成本和可用性，并提振了特定领域的创业精神。加利福尼亚州的信息技术学校为位于硅谷的一些行业提供熟练且雇佣成本较低的计算机科学家和工程师。这些学校也促使一代硅谷企业家创立了许多当今的信息技术巨头。

# 谁来决定在资源分配中优先考虑哪些技术机会，最终决定了创新的方向。创新政策旨在确定此类优先顺序

此外，知识产权工具也可以成为促进采用创新的政策战略的一部分。专利使创新发现与创新采用脱钩。发明者无需创办公司来应用其发明的技术，而是可以将这项工作留给其他人。这提供了一种创新专业化机制，发明者可以继续从事自己擅长的事情，并将发明转让给更有经验的商业企业家。

政府可采用不同的政策工具来刺激发现，并通过向不同的潜在用户提供许可来从其他方面诱导采用创新技术。例如，公共研究组织（根据政府合同）可以对特定行业或公司采用不同的许可计划，以降低目标行业或公司创新技术的采用成本。美国国家航空航天局向不同的承包商提供不同的许可条款（包括不同的许可费）；例如，美国国家航空航天局经常向为执行航天局项目而创办的新公司提供免费许可。

商标和工业品外观设计也可以作为一种激励采用的措施，使早期采用者有机会利用其优势获利。<sup>33</sup> 智能手机行业就是这种情况，苹果或三星等公司依靠其外观设计和品牌知名度的优势以及产品创新，来保证其市场地位。

## 推广政策

当一项技术被大多数公司作为行业标准采用时，就意味着该技术得到了成功推广。对于通用技术而言，当其他几个行业也开始采用该技术时，就意味着该技术得到了成功推广。政府可以通过劳动力培训、补贴、贷款、税收抵免和直接购买来影响创新推广。通常情况下，在原始行业成功推广后，遇到的风险和采用成本均会较低。出于这个原因，预计私人利益攸关方会更愿意出资。

## 创新政策可以在市场上保持中立吗？

许多关于创新政策的讨论都是基于知识生产具有公共物品的特征这一经济学观点，因为很容易复制，成本也不高。<sup>34</sup> 但这意味着私营公司和个人可能难以获得创新回报，因为其他人可以受益于获得的知识，而无需支付该知识的生产成本。

因此，由于创新公司创造的知识被传播到其他公司（包括供应商和竞争对手），这些创新公司可能会使整个创新生态系统受益。但是，它们将面临竞争对手更强有力的竞争，甚至有可能被那些没有承担新的成功技术的开发成本对手超越。经济学家通常认为这种情况阻碍投资于创新的经济动机，从而导致所谓的“市场失灵”，这种情况需要政策干预来纠正。

与创新有关的“市场失灵”需要纠正的论点，在创新政策研究和讨论中占了很大比重。然而，在经济政策讨论中，很少有人提出创新投资应该去往何处的问题。其他经济学家则持相反意见，认为创新方向不是公共政策的关注点；对他们/她们来说，公共政策在市场上应保持中立。<sup>35</sup>

市场中立的创新政策寻求在不扭曲当前市场结构的情况下刺激新知识和新技术的生产，也就是说，不改变市场现状，也不偏袒某个参与者。<sup>36</sup> 例如，许多创新政策试图通过支持高校和公共研究机构的科技研究来实现中立，并拒绝为私营公司提供此类支持。而寻求哪种技术机会则是由各个公司决定的。然而，在实践中，政府政策很难完全做到中立。政策导致改变科技研究方向，最终也可能导致创新方向改变。

此外，在“中立”的创新政策中存在着一种隐性偏见。如果由私营公司自己决定，它们很可能会选择更安全和财务回报更快的创新项目。如前所述，市场不太可能放弃完备且成熟的技术，转而选择新的、可能具有颠覆性的技术，因为这些技术的不确定性和风险更大。从社会的角度来看，让市场决定创新方向的中立的创新政策可能会使投资的多样性和范围降到不良的程度。这种偏见也有利于沿着已经有利可图的技术路线进行后续创新，阻碍沿着新的路线进行后续创新，从而强化保守主义的活力。<sup>37</sup>

总而言之，创新政策的中立性似乎与一般做法不一致。一些工业化程度最高的经济体（美国、西欧国家、日本和中国等）历来都将很大一部分公共研发投入用于创造或刺激国防、公共卫生或农业文化等领域的特定技术及其补充市场。<sup>38</sup> 同样，决策者近年来也更倾向于为那些对国家安全至关重要的研发密集型部门（如半导体）提供直接财政支持。<sup>39</sup>

因此，越来越多的学者认为，创新政策必须能够创造市场或塑造市场，而不仅仅是为了解决失败。<sup>40</sup> 然而，不可靠的信息（例如不准确、不完整或错误的信息）以及围绕创新的高度不确定性，不可避免地限制了政府能够以社会期望的方式成功倾斜创新方向的程度。

## 需求侧以任务为导向的政策

需求侧创新政策通常被广泛称为“以任务为导向”的政策。这些政策的主要特点是集中决策和将资源集中在一个特定的目标上。换句话说，创新方向是由政府确定的，政府是有针对性的创新的主要需求来源。<sup>41</sup>

以任务为导向的计划的典型例子有：在第二次世界大战期间为动员民用科学而设立的美国科学研究与发展局所开展的医学研究，以及美国国家航空航天局的登月太空计划。这些案例研究（会在第二章中进一步详细讨论）显示了有针对性的、以任务为导向的政府举措是如何促进

和引导创新获得具体技术解决方案的。这些有明确的可实现目标的举措涉及全国范围，并牵涉到多个行业。例如，在发展航天工业所需的技术方面，政府的作用是克服航天探索技术开发成本极高这一困难。由于开发前所未有的、应用范围狭窄且极其专业的技术涉及的规模较大且研发时间较长，所以产生了这些成本。<sup>42</sup>

一些经济学者建议，需求侧政策工具也可以用来解决世界面临的主要的复杂社会、环境和经济挑战，这些挑战有时被称为“重大挑战”。<sup>43</sup> 这些问题被归类为重大的复杂问题，因为它们极其错综复杂并且涉及面广，但更重要的是，它们需要采取紧急和协调行动。<sup>44</sup> 例如，没有国际、行业间和多学科的协调，就无法解决全球环境问题。各国政府需要就全球解决方案达成一致，企业必须为其整个全球价值链制定标准并形成最佳实践，能源、生物多样性或气象学等不同领域的科技专家需要协作制定出新的解决方案（见第三章）。

在某种程度上，解决重大挑战需要的不仅仅是政府的引导政策。<sup>45</sup> 一些创新经济学家认为，光有以任务为导向的政策是不够的。<sup>46</sup> 现在需要的是广泛的、资金充足的举措，将政府政策作为解决方案的一个要素，并且同时承认需要创新生态系统内不同的利益攸关方的共同努力。<sup>47</sup> 这样便不可避免地需要私营公司、高校和研究机构、民间社会、个人和国际社会的参与，以便在全球范围内实现变革。要让所有这些因素一起发挥作用，需要一个（或几个）机制来帮助协调各项举措的优先事项并进行资源分配。

遗憾的是，目前还没有一个完整的例子可以表明，仅靠创新政策就能成功解决重大挑战。然而，通过国际合作和协议所采取的措施更加突出了全世界共同努力应对此类挑战的必要性。例如，《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 或国际民用航空组织 (ICAO) 的可持续航空燃料倡议反映了国际社会致力于实现减少碳排放和应对气候变化的目标。

## 1.5 发展中经济体与创新方向

与任何经济体一样，可以说中低收入发展中经济体有两条主要创新路线：改造外国技术或在本地研发。然而，发展中经济体（尤其是较贫穷的国家）的情况与发达经济体不同。需要通过创新来解决的问题差别较大。发展中经济体吸收或寻找新技术解决方案以解决其特定社会经济需求的能力，取决于其当地的创新生态系统及其与全球创新网络的联系程度。<sup>48</sup>

在一些情况下，市场和非市场参与者的本地创新能力不足，无法识别、吸收和学习其他地方开发的新技术，也无法自己进行创新。购买力低下可能使它们难以接触到全球创新，以满足自身需求。基本的基础设施，如道路、电力或医疗服务以及有效的金融部门等重要的机构，可能表现很差或根本不存在，这使得一些外国技术不太适应当地情况。因此，创新可能不需要较高的技能，一般规模较小，并针对特定社区或区域。

在其他情况下，创新生态系统的利益攸关方可能有机会获得不同程度的创新能力。那些处于中等收入水平的经济体可以通过科学能力、技术资本和熟练劳动力来缩小它们与

最先进经济体之间的技术差距。许多东亚经济体的信息技术产业就是这种情况（将在第二章进一步讨论），它们成功地全面融入了全球经济之中，成为国际价值链的核心和积极参与者。<sup>49</sup> 包括中国和印度在内的少数经济体已经成为若干技术领域的创新来源，并通过贡献科学知识、技术和技术先进的产品和设备，积极地融入到了全球创新网络中。<sup>50</sup>

### 改造外国技术

改造外国技术以适应发展中经济体市场的需求这一过程往往是渐进式的，并且对原有技术的改进不多。但不是所有的外国技术都能轻易地转移到发展中经济体。

并非其他地方的所有创新都与发展中经济体的需求有关。高度创新的经济体（主要是西欧、北美和东亚）的创新是针对那些因工资相对较高而具有资本密集型产业的经济体的；这些经济体拥有实施和进行创新的熟练劳动力；拥有配备了高质量基础设施的大规模生产过程；以及购买力较强的消费者。<sup>51</sup> 相反，正如已经指出的那样，发展中经济体往往拥有相对丰富但不熟练的劳动力；具有多样化的需求；基础设施薄弱或缺乏；并且消费者购买力较弱。这些差异往往导致尖端技术与较贫穷经济体的需求匹配度不高。<sup>52</sup>

南非服装业采用自动化技术也是一个例子。南非的服装公司一直在向资本密集型生产转变，但采用的自动化技术却很有限。缺乏资金，订单量不稳定，缺乏政府支持，利润率低，行业总体利润率低，这些都是导致自动化程度低的因素。<sup>53</sup>

即使适合当地的需要，前沿创新的成本也往往较高。改造前沿技术以使消费者能够负担得起，需要高水平的技术知识。由于价格是主要的制约因素之一，大多数的创新都是为了降低成本，或者通过降低投入，如用当地的原材料来替代原来的原材料，或者剥离技术特征，只留下必要部分。经济学家通常将这些创新称为“节俭式”创新、“变通式”创新（印度人对非常规创新的称呼）或“金字塔底层”创新，因为生产中考虑到了当地的需求和购买力。<sup>54</sup>

传音是一家位于深圳的中国手机制造商和服务供应商，该公司专门为非洲市场改造手机，就是一个“节俭式”创新的例子。虽然传音在中国的知名度不高，但它已经占据了非洲40%以上的手机市场，超过了苹果、华为、诺基亚、三星和小米等公司，尤其是在低成本领域。<sup>55</sup> 这家中国公司了解许多非洲消费者对低成本手机的需求，并且其技术可以解决网络信号弱和覆盖面小、电力供应不稳定等问题。传音生产的手机价格适中，信号接收效果好，电池寿命长，还配备有专门针对当地市场偏好的应用程序。<sup>56</sup>

发展中经济体也是高度多样化的，快速增长的新兴经济体和最不发达的经济体之间存在巨大的差距。虽然可以将发展中经济体的技术推广到其他国家，但成功进行技术转让需要目的地经济体的需求和技能与来源国相似。

例如，巴西作为一个以农业生产和创新著称的新兴经济体，可以认为该国的农业技术与其他发展中经济体相适应。一些非洲的政策制定者和工业利益集团希望使用巴西的拖拉机，这种拖拉机特别适合大规模的耕作地区，简单的手持式播种机名为 *matracas*，可用于未耕地和较小

# 发展中经济体吸收或寻找新技术解决方案以解决其特定社会经济需求的能力，取决于其当地的创新生态系统及其与全球创新网络的联系程度

的分散耕作区。但是，需要大量维护和培训的拖拉机没有被采用，matracas 的推广情况却相对较好。非洲农业的特点解释了出现这种情况的部分原因，其农业特点是耕作面积小，依靠丰富的低技能劳动力以及源自当地的材料、资源和知识。<sup>57</sup>

## 解决方案必须考虑到当地视角

上述例子有一个共同点：要解决当地问题需要找到符合当地条件的解决方案。这些条件通常包括缺乏融资渠道；能源、交通和电信基础设施不足；以及熟练劳动力稀缺等。发展中经济体的创新如果是要解决当地需求，则还必须有研究机构、政府机构和非政府组织（NGO）等非市场参与者的参与。

M-PESA就是适应当地社会需求的一个成功的创新例子，M-PESA是肯尼亚的一项移动支付服务，面向无法进入银行系统、通常在非正规部门工作的人。<sup>58</sup> 它利用短信服务（SMS）移动电话技术，确保几乎所有移动电话都可以进行电子现金转账。M-PESA的迅速采用是因为其根据渴望进入金融系统的当地市场需求，量身定制了创新产品。<sup>59</sup> 这种公私合作关系（包括一家外国公司、一家当地子公司以及一家当地的微型金融机构和一家成熟的东非银行）是在与市场和非市场行为体（如微型金融机构、非政府组织和行业监管机构）协商后确定的。肯尼亚通信管理局是该国的信通技术监管机构，在帮助该平台合法化和促进其推广方面发挥了关键作用。<sup>60</sup> 发展中经济体也可能经常缺乏促进和支持创新的机构，而将该任务留给了非正规部门。<sup>61</sup> 但非正规部门内产生的创新，其规模可能是有限的。这些类型的创新往往没有记录在科学文章、技术公报或专利中，这使得它们极难被复制和推广。它们往往不能吸引创新政策制定者的关注，因为通常的创新指标，如研发投入、熟练劳动力数量或科学

出版物和专利，都没有很好地反映它们。这就是为什么该类当地创新常常被称为“低调”创新的原因。<sup>62</sup>

适应当地需求的创新不应该被认为是低质量的创新。对外国技术进行本土化改造可以给工业化经济体带来同样有价值的创新。这种情况通常被称为“反向创新”。当美国通用电气公司为印度和中国的农村消费者改造了其心电图和超声波设备时，它依靠其印度和中国的子公司重新设计技术，使设备更小巧、更便宜，结果大获成功，最终通用电气也开始向高收入经济体的消费者销售这些经过改造的设备。<sup>63</sup> 其他例子还有雷诺Dacia Logan汽车，它是为东欧低收入市场设计的，后来在法国获得了成功；或者雀巢公司低成本低脂肪的美极方便面，最初是为在巴基斯坦和印度农村地区销售而开发的，结果在新西兰和澳大利亚也有广阔的市场。

## 1.6 未来的创新方向

创新当然可以帮助解决或至少缓解世界上的重大挑战，无论是气候变化、不平等、提高粮食产量的需求，还是更好地获得水资源、健康和教育。然而，仅仅提高技术变革的总体速度可能还不够。其中一些挑战类似于公共物品，因此，私营部门不太可能分配充足的创新资源来解决这些挑战。有些挑战，特别是气候变化，仅靠个别经济体的私营和公共部门是无法应对的。所有国家都会从与气候变化的相关创新政策中获益，但如果只由少数国家实施，则任何人都无法受益。可以说，同样的逻辑也适用于任何一项重大挑战的创新投资。因此，似乎有充分的理由支持制定确定关键方向的国际和多边创新政策。<sup>64</sup>

越来越多的证据表明，数字技术是一种新的通用技术，这让人们看到了一些希望。基于这些技术的第四次工业革命可能会促使大量行业各种生产力的提升。它们可能成为私人 and 公共部门寻找技术解决方案以应对健康、教育和气候变化挑战的跳板。它们也可能会彻底改变政府制定这些领域创新政策和提供公共服务的方式。我们将在第三章进一步探讨这些问题。

## 注释

- 1 Acemoglu (2011年) 认为技术进步很可能缺乏多样性。因为即使预测会成功,企业也不会对替代技术进行投资。他的理论研究发现,虽然企业利用创新来获得当前收益,但它们并没有完全将这些替代性创新的未来收益内部化,因为在替代性技术能够在市场上盈利之前,当前成熟的创新就可能已经被深化了。
- 2 在这些类型的产业中,政府所扮演的角色类型明显不同。有关讨论,请见Nelson (2011年)。
- 3 见Agarwal和Gaule (2021年)。
- 4 Cohen和Levinthal (1990年) 从创新投入和吸收能力的角度讨论了私营公司研发的双重性。Crepon等人 (1998年) 进一步就吸收能力、研发投入和产出以及生产力之间的关系进行了实证研究。
- 5 这些基本上都是兼容框架,指的是复杂的与创新有关的利益攸关方环境。Edquist (1997年)、Carlsson等人 (2002年)、Bikar等人 (2006年)、Godin (2006年) 和Sharif (2006年) 对与创新环境有关的文献进行了综述。主要概念框架如下:“国家创新体系”(Pavitt, 1984年; Freeman, 1995年; Lundvall, 1988年; Nelson, 1993年);“知识经济”(David和Foray, 1995年; Foray, 2018年);“知识的新生产”(Gibbons等人, 1994年);以及“三螺旋”(Leydesdorff和Etzkowitz, 1996年)。将关于隐性知识和编码知识的讨论搁置一旁 (Cowan等人, 2000年; Cowan和Foray, 1997年; Johnson等人, 2002年),“国家创新体系”和“知识经济”方法的创始人发现了很多共同点 (Foray和Lundvall, 1996年)。“三螺旋”框架的创始人提出了与“国家创新体系”和“知识经济”方法的分析具有相似性。同时,他们还声称其通用性更高 (Etzkowitz和Leydesdorff, 2000年; Leydesdorff和Meyer, 2006年)。
- 6 《2019年世界知识产权报告》(产权组织, 2019年, 第一章) 总结了地理和创新之间的相互影响。概念框架“区域创新体系”(Cooke, 1992) 和“地方创新体系”(Breschi和Lissoni, 2001年) 将创新环境重新概念化,从地理上限定为国家以下级别。
- 7 “部门创新体系”的概念框架 (Breschi和Malerba, 1997年; Malerba, 2002年) 和“技术创新体系”(Carlsson, 1997年; Carlsson和Jacobsson, 1997年) 将创新环境重新概念化为相同的行业 (包括国际供应链) 或相关技术区块。本着同样的精神,《2017年世界知识产权报告》(产权组织, 2017年) 探讨了无形资产(包括知识和创新) 在全球价值链中是如何流动的。
- 8 产权组织的《2019年世界知识产权报告》描述了连接世界上创新最密集的热点地区的全球创新网络。(产权组织, 2019年, 第一章)。一些概念框架明确将创新的国际方面纳入其中 (见Amable等人, 1997年; Barnard和Chaminade, 2012年; Carlsson, 2006年)。
- 9 Kline和Rosenberg (1986年) 将其定义为“积累的知识”,以包括“已知的科学”和“储存的知识”。该术语包括“在组织中从事工作的人员已知的可用知识”。Schmookler (1962年a) 进一步指出,“知识状态”不仅包括科学和技术,还包括思想的任何其他方面,例如艺术和宗教,它们影响着人类对物质宇宙的认识”。
- 10 海蒂·拉玛在成为一名成功的好莱坞女演员的同时有若干项发明。1941年,她以Markey Hedy Kiesler的名义为其中一项发明申请了专利,并于1942年获得授权。
- 11 Acemoglu (2010年) 提到哈巴谷书关于19世纪劳动力稀缺和节省劳动力技术之间关系的说法。Hicks和马克思都支持劳动和资本成本 (价格) 能够诱发创新观点 (Antonelli, 2009年; Dosi和Nelson, 2010年)。
- 12 见 Scherer (1982年) 和 Schmookler (1962年a, 1962年b)。
- 13 见Schmookler (1962年a)。
- 14 见Nelson (2011年) 的讨论。
- 15 另见Sampat (2015年) 和《2015年世界知识产权报告》(产权组织, 2015年, 第二章)。
- 16 Griliches (1980年) 发现美国公司的研发投入与公司生产力的各种指标之间存在高度一致的关系。Griliches和Lichtenberg (1984年) 发现美国193个行业都存在类似情况。
- 17 关于使用大量数字化科学出版物 (如微软学术图表) 来衡量科学的发展方向,指出了一些典型的注意事项。特别是,这些出版物在地理、语言或科学领域上不具有完全代表性。关于后者,值得一提的是,在2000年以前,不同科学领域之间的区别程度不同。在1800年代,学者们的出版物很容易融入现代硬科学和人文科学概念。因此,这些数字应被解释为一般趋势,并谨慎使用。
- 18 关于3D打印创新的介绍,见《2015年世界知识产权报告》(产权组织, 2015年) 第三章。
- 19 见Kuhn对Siegel (1962年) 和Multhauf (1959年) 关于1860年代以来科学和技术的联系空前紧密的评论。
- 20 见Dosi和Nelson (2010年)、Kline和Rosenberg (1986年) 以及Pavitt (1984年)。
- 21 见Pavitt (1984年)。
- 22 Carlsson (1984年) 记录了此类产业对制造业生产力的主要影响。
- 23 Joseph Schumpeter (1942年) 广泛地讨论了“创造性破坏”的概念。
- 24 拓宽过程与Joseph Schumpeter对由规模较小和创立时间较短的公司组成的新产业的早期印象相一致。在汽车产业诞生之初就是这种情况,当时,一个新兴产业由小型的、几乎是靠纯手工艺的工作坊培育起来的,不同工作坊之间会竞相推出自己的产品。这种深化与其后来对同一行业的印象相吻合,例如,大型成熟企业刻划着同一汽车行业的特点。Malerba将这两个过程描述为熊彼特标志一和熊彼特标志二 (见Breschi和Malerba, 1997年; Malerba和Orsenigo, 1993年)。
- 25 “新知识的生产需要大量外部效应,而这些外部效应是很难适宜的,因此在发明活动的社会回报率和私人回报率之间出现了较大差距。这种差距,再加上研发融资中的巨大风险和道德风险的阴影,导致了系统性的研发投入不足,创新率低于社会期望值,从而导致经济增速放缓”(Trajtenberg, 2011年)。
- 26 关于航天工业中太阳能电池板的具体讨论,见第二章。
- 27 Perez (2003年) 探讨了在经济学方面,技术轨迹是如何呈长期的“康德拉季耶夫式”技术累积波的。
- 28 关于通用技术的进一步讨论,见Bresnahan (2010年)。
- 29 Jennifer Doudna和Emmanuelle Charpentier对Cas9蛋白的CRISPR (成簇规律间隔短回文重复) DNA序列的研究为基因组编辑提供了一个平台,彻底改变了

- 生物研究的现状。她们因其发现而获得2020年诺贝尔化学奖。
- 30 Schumpeter (1939年) 探讨了影响工业系统和商业周期之间互动的外部因素的复杂性。他的考虑与本节所述的系统性冲击一致。
- 31 见Gross和Sampat (2020年)。
- 32 投入到不同活动中的研发资源的数量和质量构成了创新体系运作的各个方面。如何组织和管理分配给专门技术开发的资源是创新体系概念的一个组成部分。(Nelson, 2011年)。
- 33 当然, 刺激采用机制的直接性和确定性更弱。有关讨论, 见《2013年世界知识产权报告》(产权组织, 2013年)。
- 34 关于创新作为一种公共物品的讨论, 见Arrow (1962年) 和《2011年世界知识产权报告》(产权组织, 2011年)。
- 35 “过去三十年的政策研究和讨论领域一直被这样的观点所主导: 需要纠正市场失灵, 以达到理想的投资水平, 但应投资到哪些领域, 不应该成为政策的关注点。最好把这个问题留给‘盲眼制表匠’的神奇混乱局面。关于专业化政策或自上而下的战略举措的任何概念已经成为政策讨论的禁忌, 特别是在大型国际政策论坛以及欧盟委员会中”(Foray, 2011年)。
- 36 Ergas (1987年) 称这些市场中立的政策是“以推广为导向的”, 与下一小节讨论的“以任务为导向的”政策不同。
- 37 Ergas (1987年: 1)。
- 38 见Foray (2011年)、Foray等人 (2012年)、Mowery和Nelson (1996年), 以及Ergas (1987年)。
- 39 例如, 见2021年《美国创新与竞争法》(USICA) 和2021年《为美国创造有益的半导体生产激励措施(CHIPS) 法案》。
- 40 Mazzucato (2018年) 提出了一个替代性的创新政策制定工具包, 其中以任务为导向的计划塑造了现有的市场, 并“共同建立”了互补的市场, 而不是对市场进行修复。
- 41 Ergas (1987年)。
- 42 Hertzfeld (2002年)。
- 43 Mazzucato (2018年) 从以任务为导向的创新政策中汲取了经验教训。Edquist和合著者 (Edquist和Hommen, 1999年; Edquist和Zabala-Iturriagoitia, 2012年) 指出了技术性公共采购的重要性。Acemoglu (2011年) 预测, 优化创新社会回报的政策制定者需要诱导一个更加多样化的创新组合, 以超过市场配置下的增长率。
- 44 见Mazzucato (2018年)。
- 45 在处理与重大挑战有关的问题时, 不同的经济思想流派得出的结论类似。但它们在如何处理此类问题上存在分歧。见Aiginger和Rodrik (2020年)、Rodrik和Stantcheva (2021年)、Mowery (2012年)、Schot和Steinmueller (2018年), 以及Mazzucato (2018年)。
- 46 见Diercks等人 (2019年)、Mowery (2012年)、Mowery等人 (2010年), 以及Schot和Steinmueller (2018年)。
- 47 见Mowery等人 (2010年)。
- 48 Archibugi和他的合著者 (1999年) 认为应该一起分析国家创新体系和创新活动全球化的概念, 即使它们是独立发展的。另见产权组织 (2019年)。
- 49 关于这些欠发达经济体如何能够建立吸收和创新能力的概述, 另见产权组织 (2017年) 和Kaplinsky (2011年)。
- 50 见Fu和Gong (2011年)、Kaplinsky (2011年), 以及产权组织 (2019年, 第二章)。
- 51 见Eckaus (1987年)、Emmanuel (1982年)、Kaplinsky (2011年) 和Stewart (1978年)。
- 52 见Acemoglu等人 (2002年) 和Stewart (1978年)。
- 53 Parschau和Hauge (2020年)。
- 54 “节俭式”“变通式”和“金字塔底层”创新的概念往往是重叠的。但这些类型的创新在定义上有细微的差别。学者们将“节俭式”创新定义为使用当地资源和更低的投入进行的创新, “变通式”创新是指满足穷人最基本需求的创新, 而“金字塔底层”创新是指那些适应发展中经济体低购买力的创新。“变通式”创新本质上是一种“节俭式”创新, 呈现一个社会维度。详情见Fu (2020年)、Kaplinsky (2011年) 和Martin (2016年)。
- 55 见IDC (2020年) 和Dec k (2020年)。
- 56 Qumer和Purkayastha (2019年)。
- 57 见Cabral等人 (2016年)。
- 58 M-PESA是一个合成词, Pesa在斯瓦希里语中意为“货币”, 而“M”代表移动。
- 59 M-PESA于2007年3月在肯尼亚推出。在第一个月, 它的注册用户就达到了20,000多个。两年后, 它拥有了800万用户并建立了一个由13,000名代理人组成的网络。在这两年里, 通过该平台转移的资金超过了37亿美元。
- 60 M-PESA提议来自英国电信公司沃达丰的企业社会责任计划, 该计划旨在实现联合国的千年发展目标。该提议的初始资金来自公共部门的挑战赠款, 即2003年英国国际发展部的融资深化挑战基金。沃达丰提供了与100万英镑赠款对等的非现金人员费用。更多内容见Hughes和Lonie (2007年) 和Onsongo (2019年)。
- 61 劳工组织 (2018年) 估计, 非正规部门占整个非洲就业市场的85%以上。
- 62 Fu (2020年)。
- 63 见Chandran Govindaraju和Wong (2011年) 以及Immelt等人 (2009年)。
- 64 见Foray (2011年)。

## 参考文献

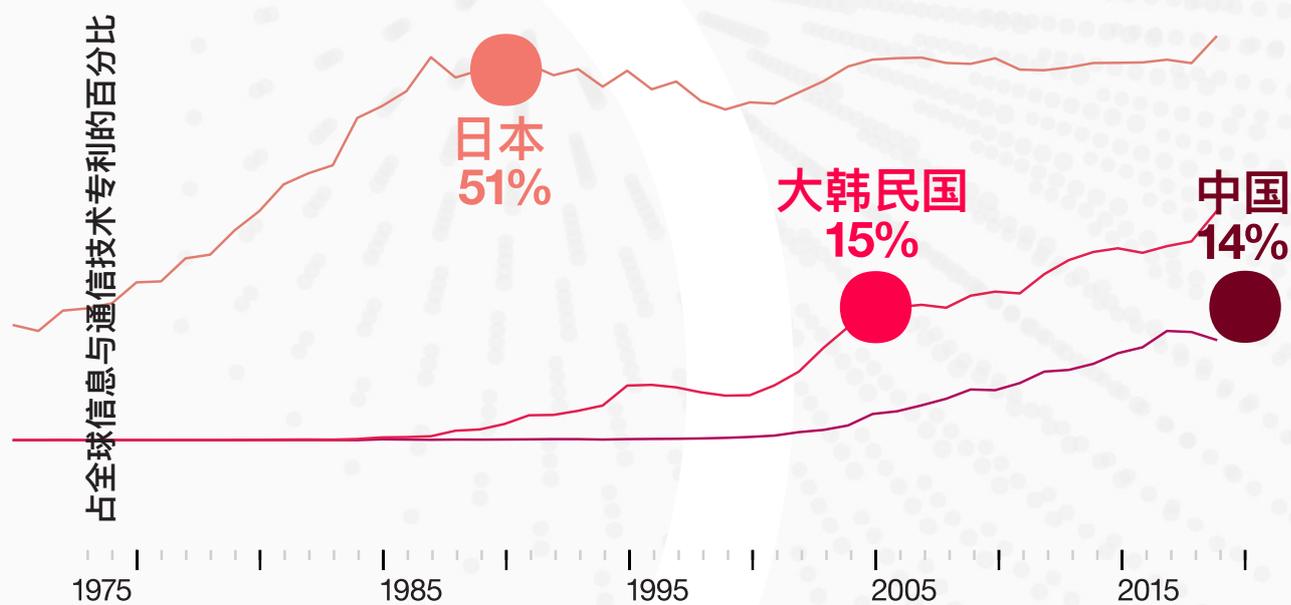
- Acemoglu, D. (2010). When does labor scarcity encourage innovation? *Journal of Political Economy*, 118(6), 1037–1078. DOI: <https://doi.org/10.1086/658160>.
- Acemoglu, D., Aghion, P. and F. Zilibotti (2002). Distance to frontier, selection, and economic growth. Working Paper no. w9066. National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w9066>.
- Acemoglu, D. (2011). Diversity and technological progress. In Lerner, J. and S. Stern (eds), *The Rate and Direction of Inventive Activity Revisited*. University of Chicago Press, 319–356. Available at: <http://www.nber.org/chapters/c12358>.
- Agarwal, R. and P. Gaule (2021). What Drives Innovation? Lessons from COVID-19 R&D. IZA Discussion Paper, no. 14069. Institute of Labor Economics (IZA). Available at: <https://ftp.iza.org/dp14079.pdf>.
- Aiginger, K. and D. Rodrik (2020). Rebirth of industrial policy and an agenda for the twenty-first century. *Journal of Industry, Competition and Trade*, 20, 189–207. DOI: <https://doi.org/10/ghbtcc>.
- Amable, B., R. Barré and R. Boyer (1997). *Les systèmes d'innovation à l'ère de la globalisation*. Paris: Economica.
- Antonelli, C. (2009). The economics of innovation: From the classical legacies to the economics of complexity. *Economics of Innovation and New Technology*, 18(7), 611–646.
- Archibugi, D., Howells, J. and J. Michie (1999). Innovation systems in a global economy. *Technology Analysis & Strategic Management*, 11(4), 527–539. <https://doi.org/10/cfhphh>
- Arrow, K.J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155–173. DOI: <https://doi.org/10.2307/2295952>.
- Barnard, H. and C. Chaminade (2012). *Global Innovation Networks: Towards a taxonomy*. CIRACLE Working Papers, no. 2011/04. Lund University.
- Bikar, V., H. Capron and M. Cincera (2006). An integrated evaluation scheme of innovation systems from an institutional perspective. In DULBEA Working Papers, no. 06–09.RS. ULB – Université Libre de Bruxelles. Available at: <https://ideas.repec.org/p/dul/wpaper/06-09rs.html>.
- Breschi, S. and F. Lissoni (2001). Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 975–1005.
- Breschi, S. and F. Malerba (1997). Sectoral innovation systems: Technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. In Edquist, C. (ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, 130–156.
- Bresnahan, T. (2010). General purpose technologies. In Hall, B.H. and N. Rosenberg (eds), *Handbook of the Economics of Innovation: Volume 2*. North-Holland, 761–791. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169721810020022>.
- Cabral, L., A. Favareto, L. Mukwerezwa and K. Amanor (2016). Brazil's agricultural politics in Africa: More food international and the disputed meanings of “family farming”. *World Development*, 81, 47–60. DOI: <https://doi.org/10/gmprks>.
- Carlsson, B. (1984). The development and use of machine tools in historical perspective. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 5(1), 91–114. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(84\)90028-3](https://doi.org/10.1016/0167-2681(84)90028-3).
- Carlsson, B. (1997). *Technological Systems and Industrial Dynamics*. Springer.
- Carlsson, B. (2006). Internationalization of innovation systems: A survey of the literature. *Research Policy*, 35(1), 56–67.
- Carlsson, B. and S. Jacobsson (1997). Diversity creation and technological systems: A technology policy perspective. In Edquist, C. (ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, 266–294.
- Carlsson, B., S. Jacobsson, M. Holmen and A. Rickne (2002). Innovation systems: Analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233–245.
- Chandran Govindaraju, V.G.R. and C.-Y. Wong (2011). Patenting activities by developing countries: The case of Malaysia. *World Patent Information*, 33(1), 51–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2010.01.001>.
- Cohen, W.M. and D.A. Levinthal (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.
- Cooke, P. (1992). Regional innovation systems: Competitive regulation in the new Europe. *Geoforum*, 23, 365–365.
- Cowan, R. and D. Foray (1997). The economics of codification and the diffusion of knowledge. *Industrial and Corporate Change*, 6(3), 595–622.

- Cowan, R., P.A. David and D. Foray (2000). The explicit economics of knowledge codification and tacitness. *Industrial and Corporate Change*, 9(2), 211–253.
- Crepon, B., E. Duguet and J. Mairesse (1998). Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115. DOI: <https://doi.org/10.1080/10438599800000031>.
- David, P.A. and D. Foray (1995). Assessing and expanding the science and technology knowledge base. *STI Review*, 16. Paris: OECD.
- Deck, A. (2020, June 23). Africa's phone phenom: Your guide to Transsion. Rest of World. Available at: <https://restofworld.org/2020/transsion-from-china-to-africa>.
- Diercks, G., H. Larsen and F. Steward (2019). Transformative innovation policy: Addressing variety in an emerging policy paradigm — ScienceDirect. *Research Policy*, 48(4), 880–894. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.04.022>.
- Dosi, G. and R.R. Nelson (2010). Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. In Hall, B.H. and N. Rosenberg (eds), *Handbook of the Economics of Innovation: Volume 1*. North-Holland, 51–127. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01003-8](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01003-8).
- Eckaus, R.S. (1987). Appropriate technology: The movement has only a few clothes on. *Issues in Science and Technology*, 3(2), 62–71.
- Edquist, C. (ed.) (1997). *Systems of Innovation*. Routledge.
- Edquist, C. and L. Hommen (1999). Systems of innovation: Theory and policy for the demand side. *Technology in Society*, 21(1), 63–79. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0160-791X\(98\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0160-791X(98)00037-2).
- Edquist, C. and J.M. Zabala-Iturriagagoitia (2012). Public procurement for innovation as mission-oriented innovation policy. *Research Policy*, 41(10), 1757–1769. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.04.022>.
- Emmanuel, A. (1982). *Appropriate or Underdeveloped Technology?* J. Wiley.
- Ergas, H. (1987). Does technology policy matter. In Guile, B.R. and H. Brooks (eds), *Technology and Global Industry: Companies and Nations in the World Economy*. Washington D.C.: National Academies Press, 191–245.
- Etzkowitz, H. and L. Leydesdorff (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123.
- Fink, C. (2022). Calculating private and social returns to COVID–19 vaccine innovation. WIPO Economic Research Working Paper No. 68. World Intellectual Property Organization.
- Foray, D. (2011). Why is it so difficult to translate innovation economics into useful and applicable policy prescriptions? In Lerner, J. and S. Stern (eds), *The Rate and Direction of Inventive Activity Revisited*. University of Chicago Press, 673–678. Available at: <http://www.nber.org/chapters/c12378>.
- Foray, D. (2018). *L'économie de la connaissance: Vol. 3<sup>e</sup> éd. La Découverte*. DOI: <https://doi.org/10.3917/dec.foray.2018.01>.
- Foray, D. and B.A. Lundvall (1996). *The Knowledge-Based Economy: From the Economics of Knowledge to the Learning Economy*. In Neef, D. et al. (eds), *The Economic Impact of Knowledge*, 115–122.
- Foray, D., D.C. Mowery and R.R. Nelson (2012). Public R&D and social challenges: What lessons from mission R&D programs? *Research Policy*, 41(10), 1697–1702.
- Freeman, C. (1995). The ‘national system of innovation’ in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), 5–24. <https://doi.org/10.1017/gdk2vr>.
- Fu, X. (2020). *Innovation under the radar: The nature and sources of innovation in Africa*. Cambridge: Cambridge University Press. DOI:10.1017/9781316869482.
- Fu, X. and Y. Gong (2011). Indigenous and foreign innovation efforts and drivers of technological upgrading: Evidence from China — ScienceDirect. *World Development*, 39(7), 1213–1225.
- Gibbons, M.R., C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott and M. Trow (1994). *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. Sage Publications Ltd.
- Godin, B. (2006). The knowledge-based economy: Conceptual framework or buzzword? *Journal of Technology Transfer*, 31(1), 17–30.
- Griliches, Z. (1980). Returns to research and development expenditures in the private sector. In Kendrick, J.W. and B.N. Vaccara (eds), *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*. University of Chicago Press (for the National Bureau of Economic Research), 419–462. Available at: <http://www.nber.org/books/kend80-1>.
- Griliches, Z. and F. Lichtenberg (1984). R&D and productivity growth at the industry level: Is there still a relationship? In Griliches, Z. (ed.), *R&D, Patents, and Productivity*. University of Chicago Press, 465–502. Available at: <http://www.nber.org/chapters/c10062>.

- Gross, D.P. and B.N. Sampat (2020). Organizing Crisis Innovation: Lessons from World War II. Working Paper no. 27909. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w27909>.
- Hertzfeld, H.R. (2002). Measuring the economic returns from successful NASA life sciences technology transfers. *The Journal of Technology Transfer*, 27(4), 311–320. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020207506064>.
- Hughes, N. and S. Lonie (2007). M-PESA: Mobile money for the “unbanked” turning cellphones into 24-Hour tellers in Kenya. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 2(1–2), 63–81. DOI: <https://doi.org/10/bknh2f>.
- IDC (2020, March 16). East Africa smartphone market records strong growth but global COVID-19 outbreak looks set to hit shipments. IDC: The Premier Global Market Intelligence Company. Available at: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prMETA46136320>.
- ILO (2018). Women and men in the informal economy: A statistical picture, third edition. Geneva: ILO. Available at [www.ilo.org/global/publications/books/WCMS\\_626831/lang--en/index.htm](http://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_626831/lang--en/index.htm).
- Immelt, J.R., V. Govindarajan and C. Trimble (2009, October 1). How GE is disrupting itself. *Harvard Business Review*. Available at: <https://hbr.org/2009/10/how-ge-is-disrupting-itself>.
- Johnson, B., E. Lorenz and B.A. Lundvall (2002). Why all this fuss about codified and tacit knowledge? *Industrial and Corporate Change*, 11(2), 245–262.
- Kaplinsky, R. (2011). Schumacher meets Schumpeter: Appropriate technology below the radar. *Research Policy*, 40(2), 193–203. DOI: <https://doi.org/10/c2nv7k>.
- Kline, S.J. and N. Rosenberg (1986). An overview of innovation. In Landau, R. and N. Rosenberg (eds), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. National Academies Press, 275–305.
- Leydesdorff, L. and H. Etzkowitz (1996). Emergence of a Triple Helix of university–industry–government relations. *Science and Public Policy*, 23(5), 279–286.
- Leydesdorff, L. and M. Meyer (2006). Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems: Introduction to the special issue. *Research Policy*, 35(10), 1441–1449.
- Lundvall, B. A. (1988). Innovation as an interactive process: From user–producer interaction to the national system of innovation. In G. Dosi (ed.), *Technical Change and Economic Theory*, 349–369.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247–264.
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1993). Technological regimes and firm behavior. *Industrial and Corporate Change*, 2(1), 45–71. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/2.1.45>.
- Martin, A. (2016). Concepts of Innovation for and from Emerging Markets. Working Papers of the Chair for Innovation Research and Technology Management, no. 9–1. Technische Universität Chemnitz. Available at: [https://www.econstor.eu/bitstream/10419/148341/1/872926\\_32X.pdf](https://www.econstor.eu/bitstream/10419/148341/1/872926_32X.pdf).
- Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 803–815. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>.
- Mowery, D.C. (2012). Defense-related R&D as a model for “Grand Challenges” technology policies. *Research Policy*, 41(10), 1703–1715. DOI: <https://doi.org/10/ghs2vv>.
- Mowery, D.C. and R.R. Nelson (1996). The US corporation and technical progress. In Kaysen, C. (ed.), *The American Corporation Today*. Cambridge, MA: MIT Press, 187–241.
- Mowery, D.C., R.R. Nelson and B.R. Martin (2010). Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won’t work). *Research Policy*, 39(8), 1011–1023. DOI: <https://doi.org/10/bqjwxh>.
- Multhauf, R.P. (1959). The scientist and the “improver” of technology. *Technology and Culture*, 1(1), 38–47. DOI: <https://doi.org/10.2307/3100786>.
- Nelson, R. R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. USA: Oxford University Press.
- Nelson, R.R. (2011). The Moon and the Ghetto revisited. *Science and Public Policy*, 38(9), 681–690. DOI: <https://doi.org/10.3152/030234211X13070021633404>.
- Onsongo, E. (2019). Institutional entrepreneurship and social innovation at the base of the pyramid: The case of M-Pesa in Kenya. *Industry and Innovation*, 26(4), 369–390. DOI: <https://doi.org/10/gf3w94>.
- Parschau, C. and J. Hauge (2020). Is automation stealing manufacturing jobs? Evidence from South Africa’s apparel industry. *Geoforum*, 115, 120–131. DOI: <https://doi.org/10/ghc4c7>.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343–373. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(84\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0).
- Perez, C. (2003). *Technological Revolutions and Financial Capital*. Edward Elgar Publishing.

- Qumer, S.M. and D. Purkayastha (2019). TECNO Mobile's growth strategies in Africa. In CEIBS Case Center (ed.), *China-Focused Cases: Selected Winners of the CEIBS Global Case Contest*. Springer Singapore, 81–102.
- Rodrik, D. and S. Stantcheva (2021). *Economic Inequality and Insecurity: Policies for an Inclusive Economy*. Report prepared for Commission Chaired by Olivier Blanchard and Jean Tirole on Major Future Economic Challenges, Republic of France. Available at: <https://drodrik.scholar.harvard.edu/publications/economic-inequality-and-insecurity-policies-inclusive-economy>.
- Sampat, B.N. (2015). Intellectual property rights and pharmaceuticals: The case of antibiotics. WIPO Economic Research Working Papers No. 26. World Intellectual Property Organization — Economics and Statistics Division. Available at: <https://ideas.repec.org/p/wip/wpaper/26.html>.
- Scherer, F.M. (1982). Demand-pull and technological invention: Schmookler revisited. *The Journal of Industrial Economics*, 30(3), 225–237. DOI: <https://doi.org/10.2307/2098216>.
- Schmookler, J. (1962a). Changes in industry and in the state of knowledge as determinants of industrial invention. In *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. Princeton University Press, 195–232.
- Schmookler, J. (1962b). Economic sources of inventive activity. *The Journal of Economic History*, 22(1), 1–20.
- Schot, J. and W.E. Steinmueller (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), 1554–1567. DOI: <https://doi.org/10/gd56ww>.
- Schumpeter, J.A. (1939). *Business Cycles* (Vol. 1). Cambridge University Press. Available at: <http://journals.cambridge.org/production/action/cjoGetFulltext?fulltextid=5262972>.
- Schumpeter, J.A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Routledge.
- Sharif, N. (2006). Emergence and development of the National Innovation Systems concept. *Research Policy*, 35(5), 745–766.
- Siegel, I.H. (1962). Scientific discovery and the rate of invention. In *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton University Press, 441–458. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctt183pshc.20>.
- Stewart, F. (1978). *Technology and Underdevelopment* (2<sup>nd</sup> ed.). UK: Palgrave Macmillan. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-349-15932-1>.
- Trajtenberg, M. (2011). Can the Nelson–Arrow Paradigm still be the beacon of innovation policy? In Lerner, J. and S. Stern (eds), *The Rate and Direction of Inventive Activity Revisited*. University of Chicago Press, 679–684. Available at: <http://www.nber.org/chapters/c12379>.
- 产权组织 (世界知识产权组织) (2011年)。《2011年世界知识产权报告: 变化中的创新格局》[产权组织经济学和统计系列]。日内瓦: 产权组织。见: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2011.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2011.pdf)。
- 产权组织 (2013年)。《2013年世界知识产权报告: 品牌——全球市场上的声誉和形象》。日内瓦: 产权组织经济学与统计司。见: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/intproperty/944/wipo\\_pub\\_944\\_2013.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/intproperty/944/wipo_pub_944_2013.pdf)。
- 产权组织 (2015年)。《2015年世界知识产权报告: 突破性创新与经济增长》。日内瓦: 产权组织。见: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2015.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2015.pdf)。
- 产权组织 (2017年)。《2017年世界知识产权报告: 全球价值链中的无形资产》。日内瓦: 产权组织。见: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2017.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2017.pdf)。
- 产权组织 (2019年)。《2019年世界知识产权报告: 创新版图: 地区热点, 全球网络》。日内瓦: 产权组织。见: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2019.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2019.pdf)。

# 新技术可以刺激发展 并利用当地的创新生态系统



# 历史上的创新方向

在过去的一个世纪里，特别是在第二次世界大战之后，世界上许多创新方向发生了变化，有些变化是突然发生的。本章强调了三个案例研究，它们是变化时期的缩影，即第二次世界大战期间的医学研究、太空竞赛和信息技术（IT）产业在东亚的初步崛起。

这三个案例都有详实的数据和详细的证据，而且已经过去了足够长的时间，因此可以比较这些时期前后的创新方向。更有趣的是，可以从中研究创新方向的可预测性。虽然在1930年代青霉素研究人员已经意识到了它的巨大潜力，但对于为1960年代的载人航天计划开发光伏板的科学家来说，想要预测其未来的广泛用途则比较困难。

正如第一章中所讨论的，经济力量可以确定创新的方向。人类的好奇心和科学知识的深度和强度是判定有发展前途的创新的指南针。市场需求在激励追求某些技术路线方面也起着关键作用。所有这些力量都会影响有关投资和资源分配的决策。

上述力量在以下每个案例研究中都发挥了作用，尽管它们的相对权重可能有所不同。本章介绍了案例研究的历史背景、其创新生态系统以及各利益攸关方（政府、公司、个人和高校）在引导创新方向方面的作用。正如本章所讨论的历史案例研究（第二次世界大战和太空竞赛）所示，尽管一些创新影响力巨大，但由于种种原因，如当时的规范、安全和保密等，不一定受到知识产权的保护。第一个案例研究探讨了第二次世界大战期间的创新，特别是医学方面的创新，以及其后续影响。第二个案例研究了从第二次世界大战到今天航天工业的演变。最后，第三个案例研究审视了特定东亚经济体的信息技术产业的崛起。

必须指出的是，这些案例研究在其涵盖的创新范围和规模上有所不同。但它们都是影响创新方向的大量因素以及此类因素之间相互作用的历史例证。

## 2.1 第二次世界大战<sup>1</sup>

### 战争是美国科技进步的出发点

第二次世界大战结束70多年后，为满足战场需要而开发的许多医学创新成果已经成为世界各地医院标准做法的一部分。青霉素（见专栏2.1）、抗疟疾药物和输血都是由武装部队的需求所推动的医疗创新的例子，但随着时间的推移，这些创新也开始应用到平民身上，并拯救了数百万人的生命。

虽然不是每一场危机都可以通过创新来解决，但对于自然灾害、战争和大流行病来说，创新经常可以提供补救措施。<sup>2</sup> 找到解决方案的速度也至关重要。如果不迅速解决，危机和其后果可能会失控。<sup>3</sup> 研究人员为寻找答案所做出的巨大努力，加上可以冒险的紧迫性，为危机相关领域的科技进步，甚至为新技术的诞生创造了优越的条件。但也应该注意到，这种紧急情况可能会导致对非危机相关领域的关注度降低以及资源被挤占，从而阻碍或破坏这些领域的技术发展。

本案例研究阐述了美国政府如何通过建立和资助科学研究与发展局（OSRD）来动员民用科学以满足战时需求，并特别强调了科学研究与发展局的一个分支——医学研究委员会（CMR）——所做的努力。科学研究与发展局于1947年12月解散，但它给美国的创新政策留下了深刻的印记。目前几个机构（如国家科学基金会（NSF）和美国国家卫生研究院（NIH））的形成和扩大可以追溯到第二次世界大战期间所做的研究努力。这些努力带来了一系列技术突破，包括但不限于雷达、原子弹、火箭、喷气推进和无线电通信等技术。最后，本案例研究试图从危机时期的创新努力中吸取一般性的经验教训。

### 战争需要尖端技术

对美国政府来说，第二次世界大战显然是一场技术战，如果没有尖端的军事技术，美国 and 同盟国就不可能取得胜利。1941年6月，也就是美国正式参战前几个月，成立了科学研究与发展局，以动员公共部门和私营部门以及科学界，确保军队能够获得此类尖端技术和知识。<sup>4</sup>

华盛顿卡内基研究所所长、麻省理工学院（MIT）前副院长兼工程学院院长万尼瓦尔·布什（Vannevar Bush）<sup>5</sup> 被指派领导科学研究与发展局。他召集了一个小型的精英科学家小组，对战争“机制和装置”的开发、生产和使用的基本问题进行研究。到战争结束时，这个小组已经大大扩展了其兴趣领域，预算已经从1940年和1941年的620万美元（按1945年美元价值计算）增至1944年和1945年的1.6亿–1.7亿美元。<sup>6</sup> 虽然按今天的标准来衡量，这个预算很低，但在当时来看是前所未有的，该金额几乎是先前美国政府科研投资的100倍。到战争结束

时, 科学研究与发展局的研发费用已经超过5.36亿美元, 涉及2,500多个合同。<sup>7</sup>

### 专栏2.1 青霉素

青霉素的大批量生产是第二次世界大战期间医学研究工作中最著名的成就。在早期, 医学研究委员会最关键的作用是充当协调员。它说服了那些具有相关能力但持怀疑态度的公司开始开发商业化生产工艺, 组织企业与美国农业部北方地区研究实验室的研究人员开会, 北方地区研究实验室在青霉素开发中起到了关键作用, 为信息共享牵线搭桥, 并调解冲突。<sup>8</sup> 之后, 医学研究委员会在协调临床和现场试验方面也发挥了重要作用。该机构花费了近200万美元(约占其总预算的8%) 用于购买青霉素进行试验。在某些情况下, 由政府负责建造所需的生产设施; 而在其他情况下, 则由私营公司修建此类设施, 因为它们相信青霉素市场巨大且有保证。政府机构(包括为监督美国战争期间的生产情况而设立的战时生产委员会(WPB)) 帮助促进信息共享并克服生产中的技术瓶颈。<sup>9</sup> 抗生素将成为战后25年期间销量最高的药物<sup>10</sup>, 也是数十项后续创新的焦点。在整个战争期间, 医学研究委员会资助了一个以化学方式合成青霉素的平行计划, 以避免依赖有机生产, 因为有机生产产量过低。虽然这个计划并没有成功, 但正如斯旺(Swann) (1983年) 所说, 开发的知识“为1950年代青霉素的一般合成奠定了基础, 促使开发出具有治疗价值的半合成青霉素。”<sup>11</sup>

医学研究委员会最初不是科学研究与发展局的组成部门。该委员会是后来加入的, 尽管它的预算只占整个科学研究与发展局的十分之一, 但其作用却非常重要。医学研究委员会由几个分支组成, 如内科、外科、航空医学、生理学、化学和疟疾(见专栏2.2), 疟疾在第一次世界大战期间被证明是一个意料之外的敌人, 它感染了大量战斗人员和平民。<sup>12</sup> 该委员会的任务是确定(并建议供资) “是否需要与高校、医院和其他从事医学研究活动的机构签订合同以及该类合同的性质。”<sup>13</sup>

联邦政府给医学研究提供大规模支持, 这在当时看来是一种比较激进的想法。切斯特·基弗(Chester Keefer) 因其在战时向平民定量配给青霉素而被称为“青霉素沙皇”, 他将医学研究委员会称为“美国医学领域的一项新实验, 因为历史上从来没有对有计划和经协调的医学研究进行过此类规模的测定。”医学研究委员会促进并支持青霉素的大批量生产、疫苗的研发和生产(见专栏2.3)、血液替代品的开发(见专栏2.4)、激素研究(见专栏2.5) 以及许多其他医学技术。这些努力为研究和医学进步开辟了道路, 这些研究和医学进步在第二次世界大战后影响深远。

### 专栏2.2 抗疟疾药物

医学研究委员会将其占比最高的预算投入到了抗击疟疾药物的研发上, 与第一次世界大战一样, 疟疾是许多战区的主要威胁, 但这次在南太平洋地区尤其如此。洛克菲勒基金会和为美国政府提供科学和技术咨询的国家研究委员会(NRC) 曾在1930年代开展过疟疾研究。美国的工作重点是寻找能够替代德国抗疟药涂平的药物, 因为美国在试图再造该药物时出现了一系列副作用, 如恶心和腹泻。疟疾研究协调委员会成立于1942年, 成员包括军事代表和民间科学工作者。由于有数以千计的化合物需要研究, 医学研究委员会必须协调各个公司和学术实验室的研究工作, 避免出现多余的重复工作, 但也要确保不会出现重大漏洞。与青霉素一样, 该机构试图在不损害专有利益的情况下促进信息共享和合作。令人惊讶的是, 最终使用的药物是涂平。研究表明, 该药物毕竟“相对来说无毒”。所研究的其中一种分子氯喹的突破来得太晚, 无法在战争期间发挥作用, 但在紧接着的几年里, 氯喹成了一种革命性的疟疾治疗方法。该化合物和在战争期间发现的其他重要先导化合物方面的研究仍在继续。<sup>14</sup> 与战时研究工作相关的化合物包括伯氨喹、甲氟喹和马拉隆。尽管疟疾已经不再是美国国内的主要健康问题了, 但在朝鲜和越南的冲突中, 美国军方抗疟疾药物的需求依然很大。

## 事实证明, 军事驱动的创新持续时间长久

### 政府的作用

在突发危机中, 政府可以通过动员各方力量、重新分配资金并协调公私部门来发挥关键作用。政府可能会制定创新政策来满足特定的需求, 但政策影响比较深远, 会在危机解除后长期存在。例如, 科学研究与发展局会通过资助某些行业来获得技术和军事优势。但是, 这些创新结果仍然会使美国和其他地区的平民受益。

政府应对新出现的危机的敏捷程度通常取决于其准备应对的充分程度。创新政策、机构的准备情况以及不同机构(公共、私人 and 学术机构) 之间是否存在沟通和协调渠道是危机发生前几个可以改变应对过程和效率的条件。在第二次世界大战之前, 美国政府并没有一项系统的创新政策。美国国家卫生研究院于1930年代成立, 但其研究预算和重点领域都很有限。除了在农业上的资助外, 联邦政府对于学术研究的拨款很少。然而, 科学研究与发展局的新颖性和小规模在某种程度上对其有利, 使其摆脱了效率低下的繁文缛节。美国政府在部署财政和人力资本、在当地协调军方与美国公司和高校之间的努力以及在国际上与盟国的科学家进行协调方面给予了科学研究与发展局完全的自由。这种集中协调方法将战场上的需求直接带到了科学家的工作台上, 并向科学家及时反馈其产出的性能。

总而言之，科学研究与发展局的核心特点包括：为侧重于解决危机的应用研究活动提供资金，与军方密切合作确定优先事项，制定政策（包括专利政策）以吸引最有能力的研究人员。另一个值得注意的特点是，在不确定解决方案在何处的情况下，它愿意为多个竞争对手提供研究资金。例如，在其疟疾和青霉素研究中就是如此。科学研究与发展局的参与并不仅限于签订有担保的购买和预付合同。它还协调各项分散的研发工作，不仅支持研究，还支持下游生产和产品的采用，通常将时间（快速解决危机）排在金钱之前。除了在本国的工作外，科学研究与发展局还负责国际合作，例如，英国和美国科学家在青霉素研究中开展的合作。

如前所述，科学研究与发展局对美国创新的影响比较深远，即使是在二战结束以后。研究表明，战后那些获得科学研究与发展局支持的顶级技术类别的美国发明家的专利总量比那些没有得到支持的部门高出50%至60%。得到支持的研究类别包括核、X射线、通信（如雷达和无线电导航）、半导体设备（如晶体管）以及计算机硬件和软件。<sup>15</sup> 相比之下，没有类似政府支持的法国和英国的专利在战后就没有出现该趋势。显然，第二次世界大战引发了美国创新方向的明显转变。

### 专栏2.3 疫苗

美国政府（通过美国陆军外科医生办公室和其他部门）甚至在第二次世界大战之前就已经开始研究一系列传染病（包括流感）的疫苗了。在第一次世界大战结束时，一种毒性特别强的流感菌株杀死了全世界数百万士兵和平民，死亡人数超过了四年战争期间的死亡人数。军方对几种疫苗开展了基础研究和基础工作，包括针对肺炎球菌感染（可导致肺炎、败血症或脑膜炎）和流感的疫苗。洛克菲勒基金会支持有关疫苗的学术工作。到科学研究与发展局成立时，几种潜在疫苗的科学可行性已经确定了。目前仍需寻找扩大生产的方法，并评估疫苗的安全性和有效性。<sup>16</sup> 医学研究委员会与学术界和工业界签订了合同，以提高产量、使浓度标准化并促进生产。科学研究与发展局与工业界合作，为试验生产充足的疫苗，然后为试验和现场检测提供资金。政府的主要作用是协调工作，以确定在军队人群中哪些血清型最普遍，以及开发、扩大并检测含有这些血清型的疫苗。军队先进的记录系统和受控人群中的高发病率为疫苗提供了一个理想的试验场。据Hoyt<sup>17</sup> 计算，战时的研究工作有助于为20世纪发现的28种疫苗可预防疾病中的10种疾病（包括破伤风和肉毒杆菌、日本脑炎和黄热病）开发新疫苗或改进疫苗。然而，其中一些疫苗，如日本脑炎（一种病毒性脑部感染）的疫苗，由于在北美的感染率较低，最终没能在商业上获得成功。

### 私营部门的作用

从一开始，私营公司，特别是电气、化学和制药行业的私营公司，就积极投身于战时创新研究中。科学研究与发

展局和医学研究委员会采取了对私营公司有吸引力的政策并制定了有吸引力的合同，提供资金，降低投资风险并促进私营公司之间的沟通联系。对于那些没有被认为因太敏感而无法公开的项目，科学研究与发展局允许公司注册并持有专利，尽管通常会附带一个条件，即在需要时应向政府机构授予这些专利的许可。

然而，在危机时期，特别是在早期阶段，问题的范围和界限可能比较模糊，并迅速发生变化。高度的不确定性可能会阻碍私人参与者的参与。在无法保证投资回报的情况下，私营部门参与者可能会对是否承担预付的研发及物质和人力资本成本犹豫不决。然而，私营部门也可能因为利他主义或声誉利益等因素而采取行动。在第二次世界大战期间，一些（尽管不是全部）公司出于爱国主义的考虑，积极寻找贡献渠道。<sup>18</sup>

参与战时的创新工作对私营部门非常有利。公司开发了隐性知识，如果它们能够保留或获得知识产权，则可以在战后长期保留这些优势和其他优势。如果没有默克、施贵宝、礼来和辉瑞等公司引入创新生产工艺，就不可能实现青霉素的大批量生产。<sup>19</sup>

青霉素的研究工作是制药公司在战后几十年里开发抗生素的先导。在第二次世界大战之前，辉瑞是一家化学制造商，该公司于1910年代和1920年代开发了一种柠檬酸发酵方法，柠檬酸是软饮料的关键成分。在1940年代，辉瑞签订了有助于扩大基于该发酵方法的青霉素生产规模的合同。辉瑞在该计划中的成功表现促使其于1950年代发现了土霉素，土霉素是第一批被发现的抗生素之一。<sup>20</sup> 抗生素的大规模开发使得细菌感染死亡率急剧下降并且预期寿命整体延长。<sup>21</sup> 土霉素的发现，加上公司战略的转变，使辉瑞成为了一家大型制药公司。2020年，辉瑞成为开发COVID-19疫苗的前沿公司之一，帮助控制冠状病毒大流行病。

### 科学研究与发展局的招聘过程非常严苛

表2.1 1941–1947年和科学研究与发展局签订合同的总价值排名前10位的高校

高校	总价值 (美元)	%
麻省理工学院	106.8	23.1
加州理工学院	76.6	16.6
哈佛大学	29.1	6.3
哥伦比亚大学	27.1	5.9
加州大学	14.6	3.2
约翰霍普金斯大学	10.8	2.3
乔治华盛顿大学	6.9	1.5
芝加哥大学	5.7	1.2
普林斯顿大学	3.6	0.8
宾夕法尼亚大学	2.9	0.6
总计	284.0	61.5

资料来源：Gross和Sampat（2020年b）。

注：百分比衡量的是每所高校在科学研究与发展局研究支出总额中所占的份额。

## 学术界的作用

第二次世界大战期间的大部分科学工作都集中在旨在解决具体问题的应用研究上。然而，如果没有之前在高校、研究实验室和医院进行的基础研究，是不可能取得战时研究发现的。例如，缺乏战前研究限制了医学研究委员会成功开发出炭疽疫苗的能力，当时人们担心炭疽病可能被用作生物武器。相比之下，在1939年爆发战争时，英国细菌学家亚历山大·弗莱明 (Alexander Fleming) 已经与牛津大学的一个研究小组一起研究青霉素很多年了。弗莱明于1929年发现了青霉素。虽然该团队对足够数量的青霉素分子进行提纯以便用于人体试验的尝试未能在1930年代取得成功，但这些工作为战时研究铺平了道路。事实上，牛津大学的一名研究人员霍华德·弗洛里 (Howard Florey) 曾前往美国与医学研究委员会合作。<sup>22</sup> 另一个例子是，哈佛大学医学院的物理化学家埃德温·科恩 (Edwin Cohen) 领导的研究小组率先对输血进行了研究 (见专栏2.4)。

### 专栏2.4 血液替代品

战争期间的另一个关键需求是血液或血液替代品，用以补充因受伤、出血、烧伤或手术而流失的血液。<sup>23</sup> 替代品必须能够便于储存和远距离运输。<sup>24</sup> 化学家埃德温·科恩领导的一个小组领导了输血研究。科恩的实验室分离出了人类血清白蛋白，并在1941年初对其进行了检测。截止1941年12月珍珠港袭击事件，人类血清白蛋白就一直被用于伤员治疗中。<sup>25</sup> 战争期间发展完善的技术后来在手术恢复、休克期间血压急剧下降时保持血容量、解决凝血问题以及许多其他疾病 (包括麻疹治疗) 方面发挥着重要的作用。

该领域的另一个重要人物是美国医学研究者查尔斯·德鲁 (Charles Drew)。他开发并改进了血液储存技术，促使1940年之前英国大规模建立血库。

科学研究与发展局的招聘过程非常严苛，招聘只集中在顶尖名校。例如，它将三分之一以上的资金只用于两个机构，即麻省理工学院和加州理工学院 (Caltech) (见表2.1)。同样，医学研究委员会与学术界的合作也高度集中在少数几所精英大学 (见表2.2)。

## 医学研究委员会的学术合作集中在几所精英大学

表2.2: 1941–1947年签订青霉素和疟疾项目合同的顶尖大学和医院

青霉素	疟疾
马萨诸塞州纪念医院 (66.6%)	芝加哥大学 (15.8%)
康奈尔大学 (6.8%)	哥伦比亚大学 (11.0%)
约翰霍普金斯大学 (4.7%)	纽约大学 (9.7%)
密歇根大学 (4.1%)	约翰霍普金斯大学 (8.7%)
宾夕法尼亚大学 (3.67%)	

资料来源: Gross和Sampat (2020年b)。  
注: 百分比衡量的是各个机构在项目研究总支出中所占的份额。

### 专栏2.5 激素

甚至在第二次世界大战之前，人们就已经开始研究如何分离、生产和使用激素治疗便秘、肥胖等一系列疾病和病症了。<sup>26</sup> 医学研究委员会加强了对皮质激素的研究，这有助于治疗飞行员的高空病和克服战斗疲劳症，治疗战场创伤并用于手术中。<sup>27</sup> 战后，激素疗法开始流行，在接下来的几十年里，可的松成为了一种“神奇”药物。后续的研究表明，皮质激素可以减轻炎症，缓解关节炎疼痛，以及治疗过敏反应。

## 案例研究结论

战争、疫情和自然灾害等危机都可以成为刺激创新的技术、市场或政治因素的催化剂。它们冲击着创新系统，并且影响技术生态系统的各种参数。在需求持续存在且解决方案仍然适用的情况下，危机创新的影响可能比较深远。否则，一旦危机消散，其影响也会随之消失。

科学研究与发展局是一个危机创新的例子，但它具有一个特点：军队是它唯一的客户。科学研究与发展局采用了自上而下的集中式方法，只招募了少量的精英科学家、公司和高校。而其他危机 (如大流行病) 可能需要满足不同客户的需求。这时，采取更分散的方法，让更多的合作者参与进来可能更为妥当。<sup>28</sup>

科学研究与发展局的创新体制和行政管理方法继续反映在战后美国的创新体系中。例如，科学研究与发展局的签约方式，即购买研发而不是具体的产品，在当时看来是一种革命性的想法，但该签约方式成为了美国国家卫生研究院 (NIH) 新兴的外部研究拨款项目的实施依据。<sup>29</sup> 美国国家卫生研究院战后的同行评审系统也是效仿医学研究委员会的方法。医学研究委员会通过国家研究委员会的医学科学家对军方感兴趣的项目进行审查并评分，最终对高分项目给予资助。<sup>30</sup>

由医学研究委员会推动的医学发现得益于战前的研究工作。在随后的几十年里，随着越来越多的民间药物被发现，

后续医疗创新也在沿着同样的科学道路不断发展。虽然青霉素、抗生素和激素疗法以及类似发现的发展都是革命性的，但产生它们的创新路径都是累积性的，因此在某种程度上是可预见的（见第一章）。

## 2.2 航天工业<sup>31</sup>

### 一个典型的以任务为导向的创新案例

快速的经济扩张和国家安全问题是1950年代和1960年代的特点。美国和苏联之间的地缘政治紧张引发了军事和技术竞争。两国的太空计划都是出于一种雄心壮志，即率先将人送上月球，这就是航空和太空技术的力量和领导地位的象征。虽然两国的动机相似，但它们的创新生态系统却不同。本案例研究的重点是美国的生态系统。冷战导致美国联邦资助的研发活动扩大，“以任务为导向”的研发活动（如登月任务）占据了美国创新拨款的大头。<sup>32</sup> 资助固然重要，但不是美国航天计划创新的唯一必要因素。技术能力和组织能力、政治意愿以及公共、私营和学术实体之间的密切合作也是必要的。

太空事业的创新有两个目标。第一，进入太空；第二，进入太空后可以发挥作用。为执行载人登月任务而开发的技术必须克服一些特殊问题，尤其是以下三个问题。首先，是减轻质量（包括重量和体积）（见专栏2.6）；其次，需要产生并储存能量（见专栏2.7）；最后，必须保护人类和设备免受恶劣环境的影响。所开发的许多技术后来都被应用于民用领域，反过来又催生了全新的技术。比如太阳能电池板、人工智能（AI）以及计算机硬件和软件（见专栏2.8）。这些技术也是创新方向意外发生变化的例子（见第一章）。它们是预定（以任务为导向的）创新的副产品，后来以人们未曾预料到的方式发展。

本案例研究讨论了航天工业的关键技术，以及这些技术从1980年代起成熟以后，是如何为私营部门提供进入该行业的机会的。本案例研究介绍了能源储存、数字处理、计算机、人工智能和碳纤维复合材料方面的一些创新实例。最后，提出了进一步创新的潜在途径。

#### 专栏2.6

##### 碳纤维

航空航天业一直是碳纤维及碳纤维增强塑料（CFRP）行业发展的主要驱动力。美国国防部（DoD）和美国国家航空航天局在研发工作中初次尝试使用碳纤维，主要是出于找到低质量材料（包括重量和体积）来制造航天器主体的需要。由于摆脱地球引力进入太空需要消耗大量能量，轻质材料过去是、现在仍然是优化现有火箭的推进系统并携带尽可能多的有效载荷进入太空的一个重要组成部分。

碳纤维非凡的机械性能（强度、导电性和轻质性）足以证明其价格昂贵的原因。碳纤维的重量轻，可以提高能源效率。碳纤维还可以随意塑形，几乎可以塑造成任何形状。将各个模具设计成由几个不同的零件组

合而成，从而大大减少了建造航天器所需的零件数量。这一特性缩短了制造和装配时间，并有可能降低成本。在太空探索方面，碳纤维还有其他优势，如加强热保护并提供抗太阳辐射能力。<sup>33</sup> 1969年发射的阿波罗太空舱的隔热罩使用了早期复合材料技术，如玻璃纤维。自阿波罗计划以来，碳纤维技术不断进步，已被用于运载火箭、航天飞机、卫星、太空望远镜和国际空间站（ISS）。<sup>34</sup> 但碳纤维易碎且不可弯曲，这一点可能会限制其使用，并且制造过程非常专业。

这些专业产品的需求仍然较少。目前正在研究如何使用优化的碳纤维叶片取代风力涡轮机中的传统玻璃纤维叶片。使用碳纤维后，叶片可以做得更大，但质量会减轻，从而可以获得更强进的动力。随着更多的民用应用变得可行，碳纤维使用起来将更划算。

### 太空竞赛

第二次世界大战结束后，美国和苏联之间出现了激烈的大国角逐。这种竞争的一个方面是开发先进的火箭，主要用于军事目的。1957年底，苏联成为第一个将人造卫星（伴侣号）发射到近地轨道的国家，这让世界其他国家感到震惊。震惊之余，作为回应，美国于一年后成立了美国国家航空航天局。这个新的民用航天机构负责进行和平和科学的太空探索。在1961年对国会的一次著名演讲中，美国总统约翰·菲茨杰拉德·肯尼迪宣布了一项计划，即在1960年代的十年结束前将人送上月球。巨大的政治承诺、庞大的预算再加上美国国家航空航天局以及科学和工程技术能力使得美国在1969年10月实现了这一目标。

但随着任务的完成，美国政府开始将联邦资金从大规模的人类太空探索计划中转移出来，并削减了美国国家航空航天局的预算。取而代之的是，美国国家航空航天局被委托设计并驾驶一种新的太空飞行器，即航天飞机。航天飞机可以重复使用，将人类和机器人送入太空。1972年，<sup>35</sup> 理查德·尼克松总统批准了航天飞机项目。该项目使得载人航天计划继续是美国太空领导地位的象征，并且可以用于国家安全领域。但政府支持航天飞机的主要原因是它可以进行常规飞行并降低成本。

在1960年代末和1970年代，其他国家的太空能力也得到了发展。1975年，欧洲空间研究组织与欧洲运载火箭发展组织合并成立了欧洲航天局（ESA）。在1970年代中期，加拿大也开始与美国就太空计划进行合作，特别是在加拿大机械臂的开发上，加拿大机械臂是一种用于操纵火箭有效载荷的机械臂。到1980年代，许多国家已经开发了电信卫星，大多数国家都积极参与国际通信卫星组织，该组织是一个致力于推动空间电信在世界范围内使用的政府间组织。

到20世纪末，太空计划催生了电信卫星技术，并促进了太空活动中的商业参与。具有竞争力的商业太空部门，以及新的商业太空参与者，正在成为美国和其他国家所有太空计划的一个重要组成部分。在21世纪的第一个十年里，公司和行业开始对太空技术进行投资，并越来越多地依赖太空技术，首先是电信服务。先进的工业经济体在其

信息技术、遥感图像、PNT（定位、导航和授时）数据和其他应用方面已经越来越依赖太空系统。

## 谁是控制者？

### 政府的作用

几乎每个国家的太空计划自开始以来，都主要是一个国家安全问题和技术进步的象征。政府是确定该领域创新方向的三个要素中的两个要素（即政治意愿和资助）的主要驱动力。第三个要素是私营部门和学术界的科学家和工程师的技术能力以及所取得的进展。各种美国政府机构，包括美国国家航空航天局、美国国防部和美国能源部（DoE），一直在支持航天工业的多项创新。例如，全球卫星定位系统（GPS）是美国国防部开发、拥有和运营的定位、导航和授时系统，该系统在大量民用设备中发挥作用。虽然美国国家航空航天局的设立是为了进行所有非军事的太空活动，但在1958年2月成立的高级研究计划局（ARPA）（目前被称为国防高级研究计划局（DARPA）），则旨在开发用于军事的太空和其他技术。许多其他太空产品（如可以远程收集关于地球信息的遥感卫星）也是出于军事需要而开发的。虽然在过去太空项目的主要客户是政府，但长期以来也有私人客户。例如，1962年，由美国电话电报公司拥有并负责经营一颗名为电星1号的私人电信卫星成功发射。该卫星甚至还购买了私人保险，当时它的名气很大，有人特意制作了一张关于它的最畅销的流行音乐唱片。近年来，太空产品出现了一波新的私人商业市场。

#### 专栏2.7 能源储存

太空任务需要可靠、稳定和安全的能源。与能源有关的技术和创新已经促成并提升了深空探索、载人航天飞行和基于太空的地面服务。下文将简要介绍两种与能源有关的技术。

#### 光伏技术

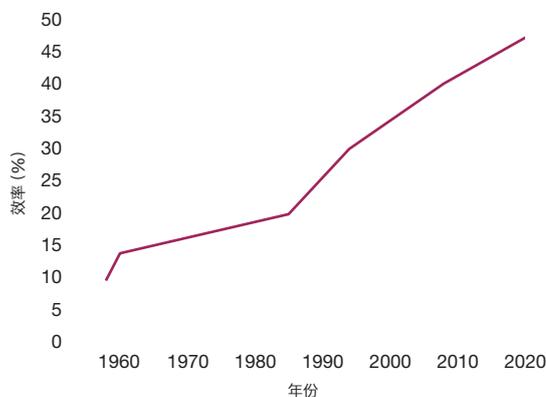
1953年，美国贝尔实验室的物理学家首次开发出了能够利用太阳能的现代太阳能电池。然而，硅太阳能电池由于价格昂贵，直到美国军方于1958年决定硅太阳能电池可以作为地球轨道卫星的理想电源之前，都没有投入实际应用。<sup>36</sup> 此后，在增加电池可转化为能量的阳光量方面逐步取得了一些进展。太阳光转换百分比被称为电池的效率（见下图）。

尽管太阳能电池在太空设备中无处不在，但也存在一些限制。此类光伏系统无法在阴影环境中发电，而且它们的发电能力会随着与太阳距离的增加而下降。如果一项任务需要连续的不间断能源，组合能源可能更合适。然而，如果可以接受中断、偶尔关闭和休眠，则太阳能电池板不失为一种出色的、持久的能源。“机遇号”机器人探测器是美国国家航空航天局最成功的火星探测项目之一，该探测器于2003年发射，预期寿命为92（地球）天。其太阳能电池板上积聚的灰尘导致

它发生多次停机。然而，由于火星上风力较强，可以定期清除这些积聚的灰尘，探测器成功运行了14年以上，比其最初的预期寿命长57倍。<sup>37</sup>

## 太空时代的光伏改进

图2.1：1960–2020年太阳能效率（以百分比计）



资料来源：美国能源部。

注：这些数据代表了在理想的实验室条件下能够达到的效率。实际上，在太空中最先进的太阳能电池效率约为30%。

### 核能

自1950年代以来，核电一直被视为可用于太空探索的潜在能源。其性能和可靠性的历史表现似乎为未来用途的开发奠定了可靠的基础。然而，只有有限的一套核能技术得到了彻底开发。由于预算和安全问题，若干项目已经终止。放射性同位素动力系统（RPS）是一个例外，自1961年以来该系统已经在太空项目中应用数百次。<sup>38</sup> 放射性同位素动力系统将放射性同位素钷-238自然衰变产生的热量转化为电能。<sup>39</sup> 欧洲航天联盟、中华人民共和国、俄罗斯联邦和美国都不断对放射性同位素动力系统技术进行创新，改进其设计和使用的材料，以提升效率和安全性。<sup>40</sup>

### 私营部门的作用

美国的私营公司一直是空间创新不可或缺的一部分。从一开始，美国国家航空航天局约80%的资金就都用在了与工业界签订的合同上。然而，如前所述，只是在最近，私营公司才开始对太空系统进行投资并严重依赖太空系统。虽然私人资金在21世纪急剧增加（见图2.2），但在私营部门的太空技术投资和创新方面有一个重要的注意事项。很少有成功的“新”太空公司在真正由价格驱动的市场中运作。如果不对政府销售，很多此类公司早就倒闭了。太空探索技术公司（SpaceX）目前从事先进火箭和航天器的设计、制造和发射，在21世纪初通过美国国家航空航天局的商业轨道运输服务项目获得了大量初始资金。这一举措为一种给国际空间站提供补给的新运载工具提供了数亿美元的资金，国际空间站是一个在近地轨道上的多国合作太空站。太空探索技术公司已经成功与美国国家航空航天局和国防部签订了大型长期政府合同。该公司也有许多私人客户。但如果没

## 私人投资蓬勃发展,但仍然比不上太空公共资金

图2.2: 2010–2019年美国国家航空航天局的支出和美国私人太空投资



资料来源: 产权组织基于美国政府的(2021年)《总统经济报告》, 图8.1, 第229页。

有政府业务, 是否会有足够的发射业务来支持该类型的产品是值得怀疑的。

2021年夏天, 北半球的太空探索技术公司、维珍银河和蓝色起源等公司将私人太空旅游业务纳入服务范围, 这些公司背后都有亿万富翁的支持。尽管媒体大肆报道, 但现在说这是私人太空旅行的曙光还为时过早, 因为巨大的成本使这种旅行暂时只限于超级富豪。

## 学术界的作用

1958年12月, 美国航空航天局成立后不久, 就获得了喷气推进实验室(JPL)的控制权, 该实验室是一个由加州理工学院运营的承包商设施。长期以来, 高校实验室一直是美国国家航空航天局的主要合作者之一。可以说, 今天的个人电脑最早诞生于麻省理工学院的实验室(见专栏2.8)。高校也一直是为美国国家航空航天局宇航员提供人才的主要机构, 大约有40名美国国家航空航天局宇航员毕业于麻省理工学院、普渡大学和斯坦福大学。<sup>41</sup>

### 专栏2.8

#### 数字处理、计算机和人工智能

在历史上, 早期的计算机与航天密切相关。1961年为实现肯尼迪的登月目标而启动的阿波罗计划是在太空探索中使用计算机、微芯片和自动化的开始。<sup>41</sup>

#### 微芯科技

太空探索借鉴航空技术, 也开始逐渐采用计算机化系统来协助完成导航和制导等任务。进入太空的成本非常高, 凸显了对更小更轻的机载技术系统组件的需求。对航天器来说, 集成电路(通常被称为微芯)特别有吸引力。它们往往比传统的电路更小, 更节省电力, 操作速度更快, 并且可以更显著地降低每个电子功能的成本。<sup>42</sup>

## 阿波罗制导计算机

美国国家航空航天局希望为阿波罗任务寻找一个自主功能更强的系统, 以处理可能出现的导航、制导和飞行控制问题。麻省理工学院仪器实验室成为了设计、开发和建造阿波罗制导计算机(AGC)硬件和软件系统的主要承包商。<sup>43</sup> 这是载人航天计划首次在所有任务阶段连续使用计算机。麻省理工学院实验室与仙童半导体公司合作, 为阿波罗制导计算机提供硅微芯片, 阿波罗制导计算机成为了第一个基于硅微芯片的计算机。使用硅微芯片是一个大胆的决定, 因为尚未对该技术进行广泛测试。<sup>44</sup> 阿波罗制导计算机成功地用于地球轨道任务、所有登月任务、太空实验室任务和1975年的美苏联合项目, 即阿波罗-联盟号。阿波罗制导计算机的多项技术创新(包括其硬件、软件和微芯片)不仅将彻底改变航天器上的计算机, 而且还将在未来的半个世纪内改变计算机消费市场。

## 人工智能

人工智能可被广义地描述为能够完成传统上需要运用人类智慧才能完成的任务的算法。美国国家航空航天局开发了人工智能, 以替代地球上的任务控制人员做出决策, 这样做的原因是地球和火星之间的电信延迟使得无法对机器人任务做出实时的决策。<sup>45</sup> 一系列发明使计算机处理速度更快, 芯片更轻, 集成软件更专业。目前, 人工智能已经融入了人们的生活方式。导航应用程序使用人工智能来分析道路交通的速度; 智能吸尘器通过人工智能来扫描房间的大小, 识别障碍物并确定最有效的路线。人工智能是车辆自动驾驶的基础。<sup>46</sup>

## 案例研究结论

美国太空计划是一个以任务为导向进行创新的典型案例。<sup>47</sup> 创新工作也独具特色。它们有一个主要客户: 政府或一家政府机构。美国国家航空航天局通过将其目标和目的与私人企业和高校的研究活动相结合, 有效地利用了私人企业和高校。虽然美国国家航空航天局在各个项目中的参与程度和给予其承包商的自主权方面有所不同, 但它仍然主要是集中式的, 主要是为其承包商确定有针对性的特定任务。太空计划是涉及到各种技术领域的复杂项目。美国国家航空航天局的作用是协调不同学科的科学家和工业界, 将他们聚到一起分享知识并完成单个特定目标。

以任务为导向的创新利用前沿知识, 在特定的时间内实现有针对性的明确目标。<sup>48</sup> 美国国家航空航天局的载人登月任务是成功的, 因为它在原定日期实现了目标。<sup>49</sup> 美国国家航空航天局的方法主要集中在阐述和说明问题和瓶颈, 而不是将解决方案强加给承包商。此外, 选择广泛但相关的专业知识, 有助于美国国家航空航天局提出解决方案, 将原本独立的技术领域联系起来。及时监测行动和资源分配是否一致, 以避免偏离最初的目标, 是美国国家航空航天局创新方法的另一个优势。类似的方法是否可以用于处理当前的一些重大全球性挑战? 第三章将进一步讨论可能需要的创新政策。

# 美国国家航空航天局推出的大多数创新并没有产生立即的、可扩展的和商业化的民用需求

美国国家航空航天局推出的大多数创新并没有产生立即的、可扩展的和商业化的民用需求。然而，经证明，这些创新成为了一些技术和产业的孵化器。<sup>50</sup> 尽管存在不同程度的时间滞后，这些技术中有许多已经成为一些衍生的、很大程度上非计划的但却极其重要的民用应用的基础。含像素网格的电荷耦合器件 (CCD) 传感器最初源于美国国家航空航天局设计和建造哈勃太空望远镜<sup>51</sup> 的目标，哈勃太空望远镜是一个在1990年首次发射的空基观测站。哈勃太空望远镜的电荷耦合器件传感器的深空成像质量高。电荷耦合器件传感器成为一个价值数十亿美元的产业，在日常产品中无处不在，如网络摄像头和智能手机摄像头。这是美国国家航空航天局计划中产生的后续民用创新路径既不直接也不可预测的一个案例。

美国和苏联的太空计划是由地缘政治引起的。但随后在其他国家出现的几个计划的商业目标更现实，更侧重于电信、导航和卫星工业的应用。欧洲航天局也是如此，可能这一点是它与美国国家航空航天局最主要的不同之处。在过去的几年里，其他几个大大小小的国家（包括20多个非洲国家）<sup>52</sup> 都加入了对太空的探索。卫星技术成本的下降和其发展中具有的“颠覆”性，意味着它和信息技术一样，也可以跳过一些阶段，方便后来者进入，为较小的发展中经济体创造了机会窗口。下一个案例研究将通过研究东亚的信息技术产业来阐述这些概念。

重返月球又重新被美国国家航空航天局和欧洲航空局等主要航天机构提上了议程。它们的技术目标可能有所不同，但竞争压力仍然存在，这次的压力是来自中国的太空计划。此外，预想的项目，如前往火星的任务，甚至在火星

# 高科技创新周期短加之政府干预政策，为学习和追赶创造了机会窗口

上建立永久人类定居点等项目，需要政府、私营公司和学术界之间的密切合作。在开发推进系统、开发宇宙射线防护技术以及寻找可持续能源解决方案方面，都需要合作。在月球上培育食物和开采月球资源等项目也是如此。对于开展太空计划是否是对研发资源的有效利用意见不一。但在未来的几十年里，美国和中国之间的新太空竞赛可能会引发创新和出人意料的技术。

## 2.3 东亚国家信息技术的崛起

### 一跃成为领先者

在过去六十年里，东亚经济体的创新方向与它们的发展状况和经济上的奋起直追密切相关。这些经济体掌握了若干领域的尖端技术，因而脱颖而出。近几十年来，在广义的信息技术领域，领先创新者的出现一直是该地区经济发展的一个核心和反复出现的特点。例如，日本的工业崛起与它在1970年代和1980年代蓬勃发展的消费电子行业密切相关。大韩民国和中国台湾省随后成为半导体和计算机显示器的主要创新者和供应商。中国最近的经济增长是与中国的通信和互联网公司的崛起同步发生的。<sup>53</sup>

信息技术行业的许多科学突破和产品的初步商业化都发生在其他地区。但东亚经济体设法获得了这些技术背后的知识，“跃进”到最新的产品周期，并参与到世界领先的产品创新中，以至于东亚地区目前在确定全球信息技术产业的创新方向上发挥着重要作用。

信息技术行业的特点是东亚地区在该行业获得成功的一部分原因。它同时具有技术变革迅速和产品生命周期短的特点，并可能快速获得高额投资回报。频繁的创新会使现有的技术快速过时，从而降低后来者的进入门槛。另一个突出的因素是东亚各国政府的作用以及在该地区鼓励信息技术创新的发展政策。

本案例研究对该地区，特别是中国大陆、大韩民国和中国台湾省的产业政策进行了简要的历史回顾。该案例讨论了这些经济体的信息技术产业的技术发展机制；阐述了它们是如何利用机会窗口跃进到不同的信息技术子行业中的；最后，讨论了知识产权在东亚技术发展中的作用。

### 快速现代化和高科技投资

东亚在过去几十年中经历了加速增长，尤其是与其他地区相比，特别拉丁美洲和非洲。尽管起步早晚不同，但东亚国家的稳定增长都得益于快速现代化和高科技投资。从1960年代和1970年代的日本开始，东亚经济体生产和出口的主要信息技术产品是劳动密集型和低端消费产品，如收音机、小型（模拟）计算器、电视和冰箱。然而，高科技创新周期短，加之下文所述的政府干预政策，创造了学习和追赶的机会。1980年代，东亚进入了个人电脑、录像机、录音机和电信设备（如固定电话交换机和传真机）市场。1990年代出现了存储芯片和无线手机，21世纪头十年里出现了各种数字产品，包括数字电视、无线电信系统和智能手机。

长期以来，经济学家和历史学家试图通过不同的模式来解释亚洲的成功，其中“雁行模式”和“Best”模式<sup>54</sup> 是最

常被引用的。日本经济在1955年至1975年间实现了腾飞，带动了大韩民国和中国台湾省在1970年代和1980年代的类似经济腾飞。“雁行模式”将日本视为经济政策的榜样，日本为周边亚洲经济体提供了劳动密集型、出口型工业化的技术和资金。然而，这种模式并不适用于1980年后中国的崛起。中国市场的规模、处于不同发展水平的产业的多样性，以及中国地方政府和中央政府之间关系的复杂性，使得需要采用两种或更多模式类型进行分析。

例如，从学习和获取外国知识库的战略来看，可以看到一些独特的中国特色。首先，中国一直强调所谓的“正向工程”，高校实验室通过这种方式获得了新的或刚发现的科学和技术知识，然后以自上而下的方式应用于商业产品开发中。这在创立中国高校的分拆公司中最为明显，下文将进一步讨论这一点。这种方法与大韩民国和中国台湾省的逆向工程形成对比，<sup>55</sup> 在逆向工程中，专有技术是通过自下而上的过程，通过拆解研究进口产品开发出来的。<sup>56</sup> 其次，中国通过国际并购获得技术和品牌。<sup>57</sup> 最后，中国利用外国直接投资公司的并行学习来促进国内公司的发展。<sup>58</sup> 这三个要素可以被认为是构成了“北京”模式，因为这些在大韩民国或中国台湾省都没有明确被采用过。<sup>59</sup>

尽管存在差异，所有东亚经济体的发展存在一些共同因素。这些因素包括经济追赶、私营企业和产业能力的进步，以及政府为降低企业进入新行业的风险而采取的措施。这就是“Best”（北京-首尔-东京）模式。政府通过四个途径提升本国公司的能力。首先，它们通过政府研究机构和联合体等途径，安排进入现有的知识库并获得学习机会。第二，它们鼓励以出口为基础与全球经济接触，作为获取更多知识的手段。第三，它们选择发展的产业/技术，并促进进口替代，使其市场对外国公司来说不那么有利可图。最后，为了避免企业被限制在生产低利润或低附加值的产品上，政府鼓励企业不断提升公司活动的附加值，要么在同一行业内，要么转移到新的、高附加值的行业。例如，中国台湾省的企业从电子计算器转移到笔记本电脑，因为旧产业已经成熟，正在退化为低附加值的业务。

### 路径追随还是创造路径？

企业在信息技术领域相互追赶时，可以遵循不同的路径。一种是从所谓的原始设备制造商（OEM）（制造部件供另一家公司使用）发展成为原始设计制造商（ODM）（包括设计和生产）。最后一步是成为原创品牌制造商（OBM）。<sup>60</sup> 在最初阶段，客户（通常是外国跨国公司）将生产工作分包给原始设备制造商，由其按照一定的规格生产成品。原始设计制造商在技术上更加先进，既能生产又能进行大部分的产品设计，而客户公司则负责市场运作。在1960年代末和1970年代的电视行业，中国台湾省的企业多数为原始设备制造商。在这些公司工作的台湾本地工程师在掌握设计技能后，离开公司并开设了自己的原始设计制造公司。

原创品牌制造商经营自己的品牌，设计并制造新产品，进行研发，管理销售和分销。然而，从原始设备制造商到原始设计制造商再到原创品牌制造商的升级并不容易或直接，而且不一定以线性方式进行。企业可能跳过一个阶段，直接从下一个阶段开始。例如，许多韩国信息技术企业决定以自己的品牌起步。

过渡和追赶可按照以下三种模式进行。<sup>61</sup> 第一种是“路径追随”式追赶，这意味着后来者的公司遵循其先行者所走的同样的线性路径，但所用时间更短。第二种模式是“跳级”式追赶，即后来者追随前者的路径但跳过了某些发展阶段。第三种模式是“创造路径”式追赶，这意味着后来者创造了自己的技术发展路径。例如，在1980年代，当三星考虑生产16K位动态随机存取存储器（D-RAM）芯片时，该技术正处于一个过渡期。三星利用这个机会，直接跳到了64K位动态随机存取存储器的生产。这样一来，它就赶超了其他因缺乏上进动力而尚未开始生产64K位动态随机存取存储器的公司。

一般来说，工业追赶过程可能与特定部门的特点密切相关。在那些创新不频繁且发展路径高度可预测的部门（信息技术行业并非如此），私营企业采取路径追随或跳级策略可能就足够了。但在信息技术等高度流动、涉及高风险和资本需求高的部门，要想成功追赶，可能需要公私合作并采取创造路径策略。

### 政府的作用

在东亚，政府在引导创新方向方面的作用主要集中在发展和追赶阶段。政府政策旨在获取现有知识，降低当地私营企业的不确定性。例如，在大韩民国，私营企业在早期得到了政府研究机构的帮助，政府允许它们免费或以较低价格获取研发成果。私营企业还可以参加公私研发联盟，开展大规模和高风险的项目。1989年，韩国政府成立了一个共同开发高清电视的委员会，有17个机构参与，包括私营公司、政府研究机构和高校。

此外，亚洲政府为当地私营企业提供出口补贴，促使它们融入全球经济，并以此方式来获得知识。另一个值得注意的政府干预措施是选定要发展的产业/技术和促进进口替代。为此，政府控制某个领域的新进入者的数量，以确保该领域可获得稳定的利润。对进入门槛进行控制一直是日本产业政策的关键要素之一。<sup>62</sup>

### 私营部门的作用

私营部门在引导东亚的创新方向方面也一直发挥着非常重要的作用。虽然每个国家的时机不同，但当地的信息技术产业已经成功地追赶上并超过了西方的信息技术公司。中国台湾省的私营中小型企业从原始设备制造商转型为原始设计制造商在1980年代的电子计算器时代达到顶峰。随后，这促使像台湾宏基这样的公司和其他公司进入笔记本电脑和手机市场（见上文）。<sup>63</sup>

韩国公司三星和LG是全球领先的技术公司。三星最初是一家纺织和精制糖公司，直到1969年才进入电子市场。然而，通过强调规模经济、垂直整合和大量研发投入，三星不仅成为了一个大型的原始设备制造商，还成为全球顶级原创品牌制造商之一。

20世纪末，类似的模式在中国也很明显，华为和中兴等公司发展成为全球领先的原创品牌制造商公司。近年来，中国在平台业务方面出现了三家巨头，这三家公司利用并创建了可以按需访问的基于网络的大型用户和资源网络。这三家公司是百度、阿里巴巴和腾讯，它们正在引领

中国进入第四次工业革命时代，人们认为这三家公司的地位和业务可以与谷歌、亚马逊和脸书相提并论。<sup>64</sup> 它们在平台和电子商务领域的出色表现是由于它们成功地将技术能力和对中国庞大的本地市场的深入了解结合起来。换句话说，它们在开发尖端技术和适应中国国情方面表现出了非凡的灵活性。

### 学术界的作用

多年来，可以明显看出东亚各国政府加强了从小学到大学的教育系统，这为工业界提供了大量的熟练劳动力。在技术崛起早期阶段，这些政府支持学生出国学习工程和科学，但现在它们已经逐渐建立了强大的大学体系。这一点需要大量和持续的政府投资。例如，中国非常重视学术和基础科学知识的建设。中国也受益于反向的“人才流失”，许多从西方一流大学毕业的中国人回到中国，成为教授和/或创办自己的公司。<sup>65</sup>

许多中国高校经营自己的企业，这类企业与普通的分拆公司不同。高校不仅建立自己的企业，而且还为其配备人员、提供资金和进行管理控制。<sup>66</sup> 高校分拆公司的一个例子是联想，这家跨国技术公司是由中国科学院计算技术研究所的11名工程师组成的团队于1984年在北京成立的。中国第一家上市的软件公司也是高校分拆公司，即由沈阳东北大学经营的东软。在中国，高校和产业界的关系相对密切，这与日本和韩国的情况不同，在这两个国家，高校与产业界历来都没有密切、直接的关系。总的来说，至少在东亚经济体的早期发展阶段，学术界和科研机构在经济发展方面一般不像政府部门和私营部门那样举足轻重。

### 知识产权的作用

知识产权在信息技术中很重要，因为产品通常是由一系列基于广泛的复杂技术的部件组成的。这些技术是累积性的，发展迅速且寿命周期很短。一部智能手机由大约2000个物理部件组成，其中应用到的技术包括半导体、电池、内存和存储、照相机和传感器以及计算机或通信技术。<sup>67</sup>

没有一家公司能拥有与这些技术相关的所有专利。不过，现有的信息技术企业往往持有大量的专利组合，以尽量减少对第三方专利的需求，并提高向那些可能依赖于这些专利的企业收取的使用费。<sup>68</sup>

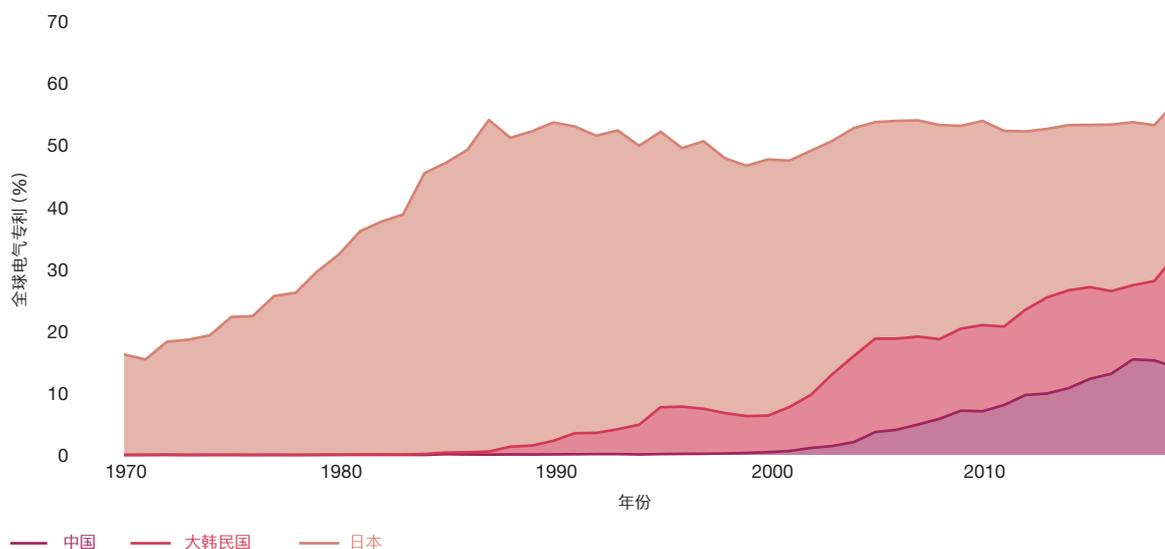
东亚经济体很早就意识到了这一点，在进入全球信息技术市场并在其中站稳脚跟的同时，促进了国内公司的专利申请。例如，1980年代德州仪器公司与三星公司就半导体问题进行的诉讼，刺激了韩国政府和三星公司大举投资专利。图2.3说明了东亚经济体信息技术专利的激增情况。

在过去的二十年里，随着新技术的出现和互联网等共享平台的发展，标准必要专利所有权的地理分布也逐渐发生了变化。标准必要专利是制造商在生产符合标准的产品时需要使用的专利。标准必要专利持有人承诺在公平、合理和无歧视 (FRAND) 的条件下对专利发放许可。标准必要专利持有人有时也制造包含其自有标准必要专利的标准产品。<sup>69</sup>

东亚经济体已经开始在一些新的信息技术中主导标准必要专利，无线技术就是一个例子。一些当前和未来的技术都依赖于5G (第五代移动网络)。这方面的例子包括自动驾驶汽车、智能家居和穿戴式健康监测器，这些

## 亚洲经济体在数十年内主导了全球电气相关技术的创新

图2.3: 1970–2018年选定的亚洲国家的专利占全球电气专利的份额



资料来源：欧洲专利局全球专利统计数据库 (PATSTAT, 2021年10月)。注：基于仅适用于首次专利申请的产权组织技术领域。全球电气专利是指全世界范围内的视听技术、基本通信流程、计算机技术、电气机械、装置和能源、信息技术管理方法、半导体和电信方面的专利。

设备和物体都属于物联网 (IoT) 的组成部分。物联网和 5G 技术所需的标准必要专利由东亚公司 (例如 LG、三星、松下、中兴、华为、海尔和日本电气公司) 主导, 其次是美国公司 (例如思科、微软、谷歌/字母控股、微软、高通、苹果和 IBM) 和欧洲公司 (爱立信和诺基亚)。

### 案例研究结论

了解东亚经济体所走的创新路径可以为其他发展中经济体提供宝贵的启示。因此, 了解其中的特异性也很重要。首先, 尽管东亚经济体之间存在竞争和历史差异, 但其中一个经济体的技术变革最终还是会蔓延到邻近的经济体。第二, 它们的技术追赶与该地区信息技术产业的崛起密切相关。信息技术行业的技术变化促进了这一过程。政府政策是根据这些特点制定的, 以促进建立私营部门的能力并加以提高。在其他行业的不同背景下仅仅照搬这些政策可能不会产生相同的结果。第一章通过讨论发展中国家当前的需要扩展了这些概念。

东亚发展模式对全球创新方向的影响也是巨大的。东亚经济体向全球市场提供了低成本的信息技术产品。在制造这些低成本产品的过程中, 它们也为各种发展过程和产品创新做出了贡献。然而, 它们的创新贡献并不局限于这些方面。通过研发尖端技术, 东亚经济体也在为第三次和第四次工业革命的创新方向做出贡献。

## 2.4 本章总结及结论

创新方向已经发生了多次变化, 特别是自 20 世纪下半叶以来。第一章讨论了方向转变背后的各种概念要素。本章提供了三个历史实例来例证这些概念要素: 第二次世界大战、太空竞赛和东亚信息技术产业的崛起。

科学研究与发展局和医学研究委员会进行的创新是教科书式的危机创新 (也有一些以任务为导向的创新元素), 而登月计划代表了典型的以任务为导向的创新。信息技术在东亚的崛起是一个经典的发展案例。各案例的实践路径和方法既有相同之处, 也有不同之处。科学研究与发展局和美国国家航空航天局都采用一种自上而下的集中式方法来阐明问题。它们都聘请了高校和私营公司来实现具体目标。除了提供人力、物质和政治资本外, 它们在集合、组织和管理由它们支配的各种因素方面也发挥着重要作用。这一功能的重要性怎么强调都不为过。在这两种情况下, 政府主要充当了知识中介, 即在参与者之间建立直接的沟通和协调渠道, 减少冗余, 提高效率。

这三个案例研究的关键区别在于相关需求的性质。在第二次世界大战和太空竞赛中, 美国政府以最初和主要的客户身份推动了需求。就东亚的信息技术发展而言, 需求是由国内和国外的大型商业市场驱动的。东亚各国政府的主要作用是通过政策支持国内私营企业, 降低风险, 促进它们获取前沿知识。另一个不同之处在于满足需求的速度。战争的迫切性意味着创新需要迅速发展。虽然速度在美苏之间的太空政治竞争中也很重要, 但太空竞赛和东亚信息技术创新的时间更长。之后出现的后续创新和产业的性质以及时间滞后情况也各不相同。在科学研究与发展局和医学研究委员会的努力下出现的许多创新, 如疫苗和青霉素, 在第二次世界大战后立即找到

了民用市场。源自于太空计划的创新 (如人工智能和太阳能电池板) 在当时处于科学前沿, 需要更长的时间才能迈入发展快车道。一旦迈入发展快车道, 它们的影响都是巨大的。为太空计划创造的许多其他创新是高度针对太空计划的, 并且实际上不存在直接的商业应用 (这一事实目前仍然如此)。然而, 创新的应用往往非常广泛, 足以对不同的商业产品和服务产生长期影响。

世界面临着重大的全球性挑战, 如气候变化, 其解决方案需要新想法和创新, 认识到历史上社会激发的巨大技术变革是非常重要的。正如这三个案例研究所示, 政府和市场可以通过许多方式互动, 这反过来又会对创新方向造成短期和长期影响。

## 注释

- 1 本案例研究借鉴了 Sampat (2022年)。
- 2 见Gross和Sampat (2020年b)。
- 3 见Gross和Sampat (2020年b)。
- 4 科学研究与发展局的前身是国防研究委员会 (NDRC)，成立于1940年7月。
- 5 见Bush (1970年)。
- 6 见Gross和Sampat (2021年)。
- 7 见Gross和Sampat (2021年)。
- 8 见Neushul (1993年)。
- 9 见Neushul (1993年)。
- 10 见Achilladelis (1993年) 和产权组织 (2015年)。
- 11 见Swann (1983年)。
- 12 见Brabin (2014年)。
- 13 见Andrus (1948年)。
- 14 见Slater (2009年)。
- 15 Gross和Sampat (2020年a)。
- 16 见Hoyt (2006年)。
- 17 见Hoyt (2006年)。
- 18 见Gross和Sampat (2021年)。
- 19 见Agarwal等人 (2021年)。
- 20 见Gross和Sampat (2021年)。
- 21 见产权组织 (2015年)。
- 22 见Gross和Sampat (2021年)。
- 23 见Andrus (1948年)。
- 24 见Creager (1999年)。
- 25 见Creager (1999年)。
- 26 见Rasmussen (2002年)。
- 27 见Rasmussen (2002年)。
- 28 见Gross和Sampat (2021年)。
- 29 见Swain (1962年) 和 Fox (1987年)。
- 30 见Fox (1987年)。
- 31 本案例研究借鉴了Hertzfeld等人 (2022年)。
- 32 见Smith (2011年)。
- 33 访问 <https://technology.nasa.gov/patent/TOP2-226>。
- 34 访问 [https://www.compositesworld.com/articles/composites-in-space\(2\)](https://www.compositesworld.com/articles/composites-in-space(2))。
- 35 访问 <https://www.nasa.gov/feature/50-years-ago-president-nixon-directs-nasa-to-build-the-space-shuttle>。
- 36 见Perlin (1999年)。
- 37 见O'Neill (2014年) 并访问 [https://en.wikipedia.org/wiki/Opportunity\\_\(rover\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Opportunity_(rover))。
- 38 见Bennett (2021年)。
- 39 访问 <https://www.energy.gov/ne/office-nuclear-energy>。
- 40 见Cataldo和Bennett (2011年)。
- 41 访问 <https://www.usnews.com/education/best-colleges/slideshows/12-colleges-that-have-produced-the-most-astronauts>。
- 42 见Mathematica, Inc. (1976年)。
- 43 见《航天计算机：美国国家航空航天局的经验》(Computers in Spacelight: The NASA Experience) 第二章的“麻省理工学院被选为硬件和软件承包商”部分，可访问：<https://history.nasa.gov/computers/contents.html>。
- 44 见Ceruzzi (2015年)。
- 45 见Bluck (2004年)。
- 46 见产权组织 (2019年)。
- 47 见Mazzucato (2018年)。
- 48 见Ergas (1987年)。
- 49 见Agarwal等人 (2021年)。
- 50 见Moeen和Agarwal (2017年)。
- 51 见Roy等人 (2019年)。
- 52 访问 <https://www.economist.com/middle-east-and-africa/2021/06/17/africa-is-blasting-its-way-into-the-space-race>。
- 53 见Lee (2021年)。
- 54 见Lee和Mathews (2010年)。
- 55 见Eun等人 (2006年)。
- 56 见Kim (1997年)。
- 57 见Huang和Sharif (2015年)。
- 58 见Mu和Lee (2005年)。
- 59 见Lee等人 (2011年)。
- 60 见Hobday (1994年)。
- 61 见Lee和Lim (2001年)。
- 62 见Johnson (1982年)。
- 63 见Amsden和Chu (2003年)。
- 64 见Wang (2012年)。
- 65 见产权组织 (2017年)。
- 66 见Eun等人 (2006年)。
- 67 见产权组织 (2017年)。
- 68 见Hall和Ziedonis (2001年)。
- 69 访问 [https://www.wipo.int/wipo\\_magazine/en/2015/03/article\\_0003.html](https://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2015/03/article_0003.html)。

## 参考文献

- Achilladelis, B. (1993). The dynamics of technological innovation: The sector of antibacterial medicines. *Research Policy*, 22(4), 279–308.
- Agarwal, R., S. Kim and M. Moeen (2021). Leveraging private enterprise: Incubation of new industries to address the public sector’s mission-oriented grand challenges. *Strategy Science*, 6(4).
- Amsden, A. and W.-W. Chu (2003). *Beyond Late Development: Taiwan’s Upgrading Policies*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Andrus, E.C. (1948). *Advances in Military Medicine, Made by American Investigators*. Little, Brown and Company.
- Bennett, L.G. (2021). Radioisotope power: Historical review. *Encyclopedia of Nuclear Energy*, 174–190. Amsterdam: Elsevier.
- Bluck, J. (2004). NASA develops robust artificial intelligence for planetary rovers. NASA. Available at: [https://www.nasa.gov/vision/universe/roboticexplorers/robust\\_artificial\\_intelligence\\_jb.html](https://www.nasa.gov/vision/universe/roboticexplorers/robust_artificial_intelligence_jb.html).
- Brabin, B.J. (2014). Malaria’s contribution to World War One — The unexpected adversary. *Malaria Journal*, 13(1), 1–22.
- Bush, V. (1970). *Pieces of the Action*. Morrow.
- Cataldo, R.L. and G.L. Bennett (2011). US space radioisotope power systems and applications: Past, present and future. In Singh, N. (ed.) *Radioisotopes: Applications in Physical Sciences*. IntechOpen, 473–496.
- Ceruzzi, P. (2015). Apollo guidance computer and the first silicon chips. Smithsonian National Air and Space Museum. Available at: <https://airandspace.si.edu/stories/editorial/apollo-guidance-computer-and-first-silicon-chips>.
- Creager, A.N. (1999). What blood told Dr Cohn: World War II, plasma fractionation, and the growth of human blood research. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 30(3), 377–405.
- Ergas, H. (1987). Does technology policy matter. In Guile, B.R. and H. Brooks (eds), *Technology and Global Industry: Companies and Nations in the World Economy*. Washington D.C.: National Academies Press, 191–245.
- Eun, J–H, K. Lee and G. Wu (2006). Explaining the “university–run enterprises” in China: A theoretical framework for university–industry relationship in developing countries and its application to China. *Research Policy*, 35(9), 1329–1346.
- Fox, D.M. (1987). The politics of the NIH extramural program, 1937–1950. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 42(4), 447–466.
- Gross, D.P. and B.N. Sampat (2020a). *Inventing the Endless Frontier: The Effects of the World War II Research Effort on Post-war Innovation*. Working Paper Series, no. 27375. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w27375>.
- Gross, D.P. and B.N. Sampat (2020b). *Organizing Crisis Innovation: Lessons from World War II*. Working Paper Series, no. 27909. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w27909>.
- Gross, D.P. and B.N. Sampat (2021). *Crisis Innovation Policy from World War II to COVID–19*. Working Paper Series, no. 28915. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w28915>.
- Hall, B.H. and R.H. Ziedonis (2001). The patent paradox revisited: An empirical study of patenting in the US semiconductor industry, 1979–1995. *Rand Journal of Economics*, 32(1), 101–128.
- Hertzfeld, H.R., B. Staats and G. Leaua (2022). *Innovations in the Exploration of Outer Space*, WIPO Working Paper No. 71, World Intellectual Property Organization
- Hobday, M. (1994). Export-led technology development in the four Dragons. *Development and Change*, 25(2), 333–361.
- Hoyt, K. (2006). Vaccine innovation: Lessons from World War II. *Journal of Public Health Policy*, 27(1), 38–57.
- Huang, C. and N. Sharif (2015). Global technology leadership: The case of China. *Science and Public Policy*, 43(1), 62–73.
- Johnson, C. (1982). *MITI and the Japanese Miracle: The Growth of Industrial Policy, 1925–1975*. Stanford University Press.
- Kim, L.S. (1997). *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea’s Technological Learning*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Lee, K. (2021). (forthcoming), *China’s Technological Leapfrogging and Economic Catch-up*. Oxford University Press.
- Lee, K. (2022). Unpublished background research commissioned for the World Intellectual Property Report 2022. Geneva: World Intellectual Property Organization
- Lee, K. and C. Lim (2001). Technological regimes, catching-up and leapfrogging: Findings from the Korean industries. *Research Policy*, 30(3), 459–483.

- Lee, K. and J. Mathews (2010). From the Washington Consensus to the BeST Consensus for world development. *Asian–Paciic Economic Literature*, 24(1), 86–103.
- Lee, K., M. Jee and J.H. Eun (2011). Assessing China’s economic catch–up at the firm level and beyond: Washington consensus, East Asian consensus and the Beijing model. *Industry and Innovation*, 18(5), 487–507.
- Mathematica, Inc. (1976). Quantifying the Beneits to the National Economy from Secondary Applications of NASA Technology. US National Aeronautics and Space Administration.
- Mazzucato, M. (2018). Mission–oriented innovation policies: Challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 803–815. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>.
- Moeen, M. and R. Agarwal (2017). Incubation of an industry: Heterogeneous knowledge bases and modes of value capture. *Strategic Management Journal*, 38(3), 566–587.
- Mu, Q. and K. Lee (2005). Knowledge diffusion, market segmentation and technological catch–up: The case of the telecommunication industry in China. *Research policy*, 34(6), 759–783.
- Neushul, P. (1993). Science, government and the mass production of penicillin. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 48(4), 371–395.
- O’Neill, I. (2014). Opportunity: The amazing self–cleaning Mars Rover. *Space*, April 2014. Available at: <https://www.space.com/25577–mars–rover–opportunity–solar–panels–clean.html>.
- Perlin, J. (1999). From Space to Earth: The Story of Solar Electricity. Earthscan.
- Rasmussen, N. (2002). Steroids in arms: Science, government, industry, and the hormones of the adrenal cortex in the United States, 1930– 1950. *Medical History*, 46(3), 299–324.
- Roy, R., C.M. Lampert and M.B. Sarkar (2019). The pre\$ commercialization emergence of the combination of product features in the charge\$coupled device image sensor. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 13(4), 448–477.
- Sampat, B. (2022). World War II and The Direction of Medical Innovation, WIPO Working Paper No. 70, World Intellectual Property Organization
- Slater, L. (2009). *War and Disease*. Rutgers University Press.
- Smith, B.L.R. (2011). *American Science Policy since World War II*. Washington D.C.: Brookings Institution Press.
- Swain, D.C. (1962). The rise of a research empire: NIH, 1930 to 1950. *Science*, 138(3546), 1233–1237.
- Swann, J.P. (1983). The search for synthetic penicillin during World War II. *The British Journal for the History of Science*, 16(2), 154–190.
- U.S. Government (2021) Economic Report of the President, Figure 8.1, p. 229
- Wang, X. (2012). Foreign direct investment and innovation in China’s e–commerce sector. *Journal of Asian Economics*, 23(3), 288–301.
- 产权组织 (世界知识产权组织) (2015年)。《2015年世界知识产权报告: 突破性创新与经济增长》。日内瓦: 产权组织。见[https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2015.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2015.pdf)。
- 产权组织 (2017年)。《2017年世界知识产权报告: 全球价值链中的无形资本》。日内瓦: 产权组织。见: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2017.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2017.pdf)。
- 产权组织 (2019年)。《2019年世界知识产权报告: 创新版图: 地区热点, 全球网络》。日内瓦: 产权组织。见: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2019.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2019.pdf)。

# 快速发展的数字技术

2015–2020年的专利活动



# 创新方向：未来的挑战

随着我们进入21世纪的第三个十年，有一些新的强大力量正在推动科学、技术和医学创新方向。虽然涉及到诸多因素，但有三个因素非常突出。

首先，COVID-19大流行产生并在一定程度上加速了对抗击病毒传播和治疗感染的新技术的需求。在政府的大力协助下，科技界奋起迎接挑战，开发了一系列疫苗，并且在研发时间上也创下了历史最短记录。这场全球卫生危机给人们工作、旅行、交流和娱乐的方式造成了深远的影响。现在描述大流行病过后的“正常”状态还为时过早，但许多变化会持续下去。大流行病促使数字化进程加快（下文将讨论），并打破了许多工作和社会生活的禁忌。创新者介入，并将在未来几年持续介入，以提供这一新环境所需的技术。

其次，应对气候变化已经成为全球政策议程中的当务之急。能否实现减少碳排放的宏大目标将取决于创新技术及其应用情况。政策措施和公共资金将越来越重视新技术的投资。我们能够看到一些令人鼓舞的进步迹象，太阳能电池板等可再生能源技术的价格下跌就是例证。然而，我们还需要更多的进步。努力实现向碳中和（即碳排放和碳吸收达到平衡）过渡，将是创新者在未来几十年的驱动力。

最后，发挥作用的第三股力量是数字革命，或有人所称的第四次工业革命。在数字革命中，数字技术（数字化）得到普遍应用；超大数据集（大数据）用于分析趋势和人类互动；自动化和人工智能流程更加复杂。这些都是通用技术应用的例子，通用技术是指适用于许多行业和部门，可以带来新的后续创新（见第一章）的技术。<sup>1</sup> 这些新的通用数字技术的力量以及它们的网络化特征引发了国家安全问题，比如防御系统在防黑客攻击方面的潜在脆弱性。反过来，各国政府将发展国家技术能力作为优先事项，推动了世界范围内新一代以创新为导向的产业政策的出现。

考虑到发挥作用的各种力量，创新将走向何方？大多数创新投资都具有明确的最终目标，如登月计划（见第二章），根据这一点可以对中短期技术变革进行预测。然而，创新的实际轨迹仍具有不确定性，有些最终目标将无法实现，有些则会被超越。此外，如果以史为鉴，人们无法有把握地预测创新方向的长期变化及其社会经济后果。

本章将详细分析上述三种力量。在此过程中，我们还将研究创新生态系统中那些重塑创新方向的转变。我们还将研究公共政策是如何以一种最好地响应社会需求并应对世界重大挑战的方式来引导创新方向的。

本章分为四个部分。接下来的三个部分提供了案例研究，说明创新生态系统是如何应对一些全球性挑战的。第3.1节将研究COVID-19危机，并强调公私部门是如何共同努力研发出若干针对新病毒提供高度保护的疫苗的。该节强调了拥有一个能够在未来以类似的方式做出响应的强大创新生态系统的重要性。第3.2节将集中讨论应对气候变化的紧迫性。该节将探讨重大挑战的性质，并强调包括家庭在内的所有相关创新利益攸关方将在解决这一问题中发挥什么样的作用。第3.3节将研究数字通用技术的兴起，以及它们如何引发创新以应对本章中强调的各种挑战。第3.4节从三个案例研究中提炼出重要见解，说明政府和政策制定者在促进解决社会挑战方面发挥积极作用，同时采取行动减轻这些创新在就业等领域可能产生的颠覆性影响。<sup>2</sup> 最后，第3.5节将总结一些关键的政策信息。

## 3.1 应对COVID-19的经验教训

2020年的前几个月，SARS-CoV-2的传播震惊了世界。该病毒迅速使医院急诊室和重症监护室人满为患，并在相对较短的时间内导致大量患者死亡。世界卫生组织报告称，截至2022年1月11日，COVID-19已经造成近550万人死亡。<sup>3</sup> 人们普遍认为该数字仅是保守估计。

各国政府采取了遏制和缓解措施，以阻止或至少减缓疫情的蔓延。许多国家进行了封锁，导致除了提供关键服务外的办公室和工厂暂时关闭，人们被关在家中。这对实体活动产生了不利影响，如对服务部门产生的影响。<sup>4</sup> 许多企业最终倒闭，许多人失业。据世界银行的经济学家发现，2020年有9,700万人因危机而陷入贫困。<sup>5</sup> 全球经济收缩了3.2%，可以说是自二战以来最严重的经济衰退。<sup>6</sup>

COVID-19危机促使创新生态系统中的所有参与者紧急寻找解决方案，这些参与者包括政府、私营部门、研究机构 and 高校、国际社会以及非政府组织（包括慈善基金会）。

### 成功的公私协作

通过全球创新生态系统参与者的共同努力，在短时间内研发出了几款COVID-19疫苗。在首例病例报告（2019年12月31日）后不到两年的时间里，目前全球范围内正在

## 公共支出在支持COVID-19疫苗开发方面发挥了重要作用

图3.1a: 按类型列的COVID-19疫苗供资份额 (%)

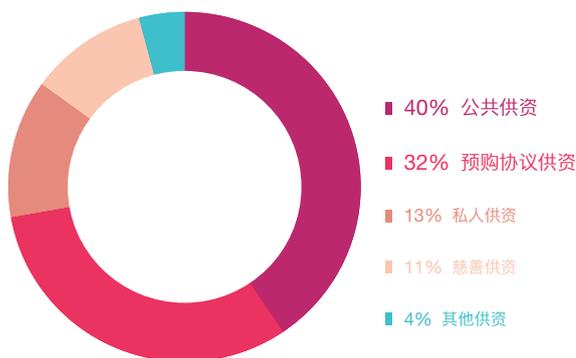
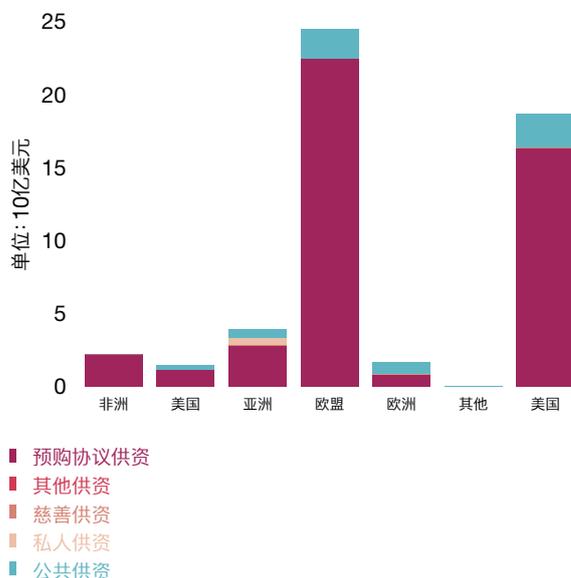


图3.1b: 按类型和区域列的COVID-19疫苗供资 (单位: 10亿美元)



资料来源: 全球健康中心 (2021年)。

注: 这些数字代表由全球健康中心数据库确定的公共和私营 (非制药公司) 部门、慈善机构和其他资助者对COVID-19的专项投资。这些数字是根据公开数据计算的。私营部门出资数据不包括制药公司, 因此代表性不足。预购协议和研发投资可能包括扩大生产能力和促进临床开发的投资。

使用的COVID-19疫苗达20种, 114种候选疫苗正在进行临床试验, 还有185种正在进行临床前开发。<sup>7</sup>

COVID-19疫苗在发现、检测和部署速度方面创下了历史最短纪录。2020年1月初, 中国科学家公布了SARS-CoV-2的基因序列图谱。<sup>8</sup> 三个月后, 四家公司和一所高校确定了各自的候选疫苗。2020年8月31日, 中国政府批准使用首个COVID-19疫苗——科兴疫苗。<sup>9</sup> 到12月初, 英国药品和健康产品管理局 (MHRA) 批准在英国使用辉瑞-BioNTech疫苗 (见下文)。

四个主要因素解释了疫苗研发速度如此之快的原因。

第一, 疫情规模以及它影响了全球大部分人口的这一事实为私营部门寻找技术解决方案提供了重要动力。市场规模是影响创新的一个重要因素, 尤其是在医药领域, 因

为正如第一章所述, 市场规模越大, 潜在回报越高。<sup>10, 11</sup> 在评估是否进行研发投资时, 创新者必须根据预期回报来评估投资可能需要的成本和潜在风险。

第二, 政府给私营部门提供了大量财政支持, 包括向临床试验和前景看好的候选疫苗开发商提供财政支持, 以形成大规模生产的能力。例如, 欧盟委员会承诺提供1.375亿欧元的研发资金, 用于诊断、治疗和疫苗研发, 并为致力于解决卫生危机的初创企业和中小企业提供1.64亿欧元资助。<sup>12</sup> 流行病防范创新联盟 (CEPI) 是于2017年发起的一个全球合作伙伴关系组织, 致力于通过疫苗研发阻止将来的流行病, 该组织为COVID-19疫苗研发提供了13亿美元的研发资金。<sup>13</sup>

此外, 一些政府还会承诺采购一定数量的候选疫苗。此类预购协议有助于缓解开发候选疫苗的一些商业风险。其中一些预先市场承诺 (AMC) 是预付款, 有些甚至在候选疫苗进行临床试验之前就已经付款了。

更多的公共支持来自政府发起的计划, 例如美国和英国政府发起的计划, 与第二章中讨论的以任务为导向的政策类似。<sup>14</sup> 除了帮助寻找COVID-19疫苗外, 这些计划还旨在加快监管评估。<sup>15</sup> 在过去, 即使是在最乐观的情况下, 疫苗从开发到上市至少也需要18个月的时间。<sup>16</sup> 由于需要寻找有前景的候选疫苗, 并且还要取得监管机构的批准, 大多数疫苗上市需要5到10年的时间。<sup>17</sup> 专栏3.1介绍了美国关于COVID-19疫苗开发的“曲速行动”计划, 而专栏3.2则重点介绍了英国的疫苗工作组 (VTF)。

### 专栏3.1

#### 曲速行动缩短了疫苗开发时间

“曲速行动”是2020年5月15日启动的, 是一项由美国卫生与公众服务部和美国国防部领导的机构间合作计划。该计划旨在通过协调、资助和以其他方式为候选疫苗开发商 (主要是私营部门开发商) 提供支持, 加快SARS-CoV-2疫苗的研发和配送、疗法和诊断方法。该计划受到曼哈顿计划的启发, 曼哈顿计划是1942年到1946年执行的一项以任务为导向的计划。<sup>18</sup> 曼哈顿计划将科学家、军方和密集的研发投资汇集在一起, 在两年半的时间内研发出了一种原子武器。在开发COVID-19疫苗的过程中, 曲速行动也采用了同样的以任务为导向的协同研发方法和一种军事行动结构。<sup>19</sup>

此外, 曲速行动计划采用了美国国防部的国防高级研究计划局模型的许多最佳实践。<sup>20</sup> 美国国防高级研究计划局成立于1958年, 致力于提升美国的技术能力, 并与苏联开展登月竞赛。为此, 美国国防高级研究计划局当时准备开展一些存在商业风险的研发项目。该计划局成功地开发出了一些重要的军事技术, 其中一些已经应用到了非军事商业用途中 (见第二章)。曲速行动采用了美国国防高级研究计划局的组合方法, 并对基于不同竞争技术的几种候选疫苗进行投资, 尽管研发投入规模更大, 持续时间和期限更短。<sup>21</sup> 这样做, 可以提高至少为一种成功的候选疫苗供资的几率, 同时又能降低整体失败的风险。研发出成功候选疫苗的公司届时相互竞争, 以便能首先进入市场。

该计划的新颖和创新方面在于能够在不影响美国食品和药物管理局 (FDA) 的高安全性和有效性标准的同时, 与疫苗开发商开展不同临床试验阶段的试验。通常, 疫苗和药物开发只有在符合所有进展标准后才能进入下一个阶段。因为该计划有助于形成所需的大规模生产能力, 疫苗开发商能够迅速开始生产那些临床试验结果最有希望的候选疫苗。<sup>22</sup>

该计划于2021年更名为对策加速小组。

### 专栏3.2

#### 工作组推动的临床试验和疫苗生产

英国疫苗工作组成立于2020年4月, 致力于使英国尽快获得最有前景的疫苗。<sup>23</sup> 该工作组由英国商业、能源与产业战略部 (BEIS) 与英国卫生和社会保障部 (DHSC) 合作组建, 包括来自私营部门的九名指导小组成员。

与美国曲速行动计划一样, 该工作组也是对基于不同竞争技术的有前景的候选疫苗组合进行投资。<sup>24</sup> 其投资形式包括研发资助以及与疫苗开发商签订预购协议。

该工作组通过其国民保健服务COVID-19疫苗登记处招募志愿者参与临床试验。<sup>25</sup> 它还帮助制定一些用于对比候选疫苗效力和防护等级的检测标准。该举措为候选疫苗的大批量生产提供了资金。牛津-阿斯利康公司作为一家疫苗开发商, 获得了该活动的早期生产补贴。<sup>26</sup>

鉴于英国的疫苗生产能力有限, 该工作组向美国诺瓦瓦克斯、法国Valneva公司和德国Cure-Vac等疫苗开发商提供资金, 以在英国建立或扩大生产设施。这一举措对政府自己的疫苗制造和创新中心的工作进行了补充, 该中心创建于2018年, 致力于加倍努力应对未来的大流行病。<sup>27</sup>

第三, 疫苗黄金时代是第二次世界大战期间和之后, 在此期间的生物医学领域的重大进展 (见第二章) 有助于推动COVID-19候选疫苗的快速发展。<sup>28</sup> 人们很快就发现了SARS-CoV-2, 并对其进行了基因测序。测序为基于信使核糖核酸技术的疫苗试验扫清了道路, 如第一章所述, 信使核糖核酸技术可以传递病毒中的一段遗传密码, 以刺激免疫反应并产生抗体。这项技术可能会改变生物医学领域的创新过程, 因为它缩短了新疫苗的开发时间, 并刺激了对这种检测方法的进一步投资。

至少在COVID-19出现前的十年内, 信使核糖核酸技术就已经被投入使用或正在研发中了。美国国防高级研究计划局一直支持该技术的开发。<sup>29</sup> 因此, 研究人员能够迅速将工作方向转到寻找候选疫苗上。

第四, 也是最后一点, 之前从未合作过的科学家和研究人员开始合作。<sup>30</sup> 有些科学家和研究人员甚至跨越科学领域帮助开展工作。例如, 流行病学家、社会学家和经济学

家一起研究病毒传播途径以及病毒遏制措施。此外, 研究人员甚至在同行评审之前就公开分享了工作成果, 以加快科学家和研究人员之间的知识交流。这有助于迅速传播最新研究发现。

### 医学创新<sup>31</sup>

大流行的影响已经超出了立即寻找有效的疫苗的范围, 影响到了医学研究和医学实践的其他领域的创新。

#### 改变医学研究的方向

如上所述, 基于信使核糖核酸技术的COVID-19疫苗的开发可能会刺激科学进步和药物发明。自2000年代中期以来, 研究人员一直标榜信使核糖核酸平台技术是一种变革力量。<sup>32</sup> 该技术通过修改信使核糖核酸来发挥作用, 信使核糖核酸是一种向身体传递如何制造所需蛋白质信息的基因。编辑后的信使核糖核酸指导身体的免疫系统产生抗体来抵御SARS-CoV-2。

在疫情爆发前, 正在针对几项传染性疾病 (包括埃博拉病毒和寨卡病毒) 对这项技术进行防护检测。这项技术甚至被用于某些癌症研究中。<sup>33</sup> 但是除了预防应用外, 各大制药公司并没有认真考虑过信使核糖核酸平台。部分原因是制药公司不太可能对疫苗等预防性治疗措施进行投资。<sup>34</sup> 但基于信使核糖核酸的COVID-19疫苗的成功研发提供了强有力的证据, 证明该平台运行良好, 并可用于其他用途。对于患者来说, 信使核糖核酸技术是有效和安全的。<sup>35</sup> 对于生产商来说, 相较于传统方法, 该技术成本更低、更快捷, 因为在从治疗一种疾病转向治疗另一种疾病时, 仅需对生产工艺进行微小调整。

COVID-19的信使核糖核酸疫苗平台的成功可能会为疫苗研发开启一个新的黄金时代。此外, 美国和英国政府在为新的信使核糖核酸疫苗平台建设大规模生产设施方面提供的支持, 补充和加强了对该技术的进一步研究。

但是在大规模使用和采用这种新平台技术时仍面临一些障碍。<sup>36</sup> 第一, 创建和部署该平台需要高技能的劳动力和装备精良的研究实验室。第二, 如果生产条件不合适, 信使核糖核酸很容易降解, 这可能会增加生产成本。第三, 世界上有很多地方不具备运输和储存信使核糖核酸所需的基础设施。

对新的信使核糖核酸疫苗技术的关注也可能对其他医学研究产生不利影响 (见第一章, 专栏1.1)。在COVID-19引发的封锁期间, 许多研究实验室从其他现有的研究转到了COVID-19研究上。一些不进行COVID-19研究的机构要么关闭实验室, 要么限制了实验室活动。一些研究机构失去了资助。许多高校和研究机构不得不重新安排预算的优先次序并重新分配预算资金。

然而, 从一个研究方向转换到另一个研究方向的成本较高。<sup>37</sup> 目前, 重新确定优先次序和资助的变化似乎只是推迟了研究进展, 而不是完全改变了研究进展。<sup>38</sup> 一项比较2019年和2020年之间按疾病分列的新临床试验数量的研究发现, COVID-19试验是以牺牲其他疾病的

# 始于第二次世界大战期间和之后的疫苗黄金时代的生物医学领域的重要进展推动了COVID-19候选疫苗的快速开发

新临床试验为代价的。然而，这可能只是暂时的研究方向转移。<sup>39</sup>

COVID-19疫苗开发的速度表明了为满足监管机构严格的安全性标准的情况下，新疫苗和药物可以在很短的时间内上市。<sup>40</sup> 因此，我们认为该行业5年到10年的平均药物开发时间是可以缩短的。

美国和英国疫苗开发项目的成功表明，应继续就COVID-19等疾病的预防和治疗开展公私合作。这两种做法从理论到实践都在支持突破性技术方面发挥了关键作用。它们通过对验证相对不足的竞争性技术组合进行投资，并帮助打造支持这些技术应用的生产能力来发挥作用。

## 改变医疗实践

疫情加快了医疗从业者和医院采用数字技术的步伐（见第3.3节）。麦肯锡公司在2021年的一份报告中指出，在COVID-19爆发后的前10个月，生物制药行业的数字化转型超过了过去十年。<sup>41</sup> 医疗行业的公司正在改造医疗系统，以便能完全采用数字系统，并尽可能多地利用数据来改进运营。在瑞士，患者可以将其病例存储在在线医疗门户网站上，并通过该门户网站进行预约。

在医疗保健领域，越来越多的医生开始使用数字平台对患者进行诊断和护理。<sup>42</sup> 例如，在2020年的封锁期间，一些医生使用在线视频通信平台提供咨询服务。医院通过分析新住院的病人来改善员工管理和病床的使用。虽然许多此类变化已在进行，但大流行病使得迫切需要“实现数字化”，并提供了进行必要的运营改进的机会。

## 3.2 应对气候变化是当务之急<sup>43</sup>

化石燃料作为电力和交通能源，是人类活动导致气候变化的罪魁祸首。自1970年以来，人类活动，尤其是化石燃料的燃烧和工业过程中排放的二氧化碳（CO<sub>2</sub>），约占全球温室气体（GHG）的78%。<sup>44</sup> 这些气体吸收热量并重新将热量释放到大气中，从而影响气候变化的速度。该类气体包括二氧化碳、甲烷和一氧化二氮。

气候变化速度越快，对世界的影响就越大，因为留给人类适应变化的时间更少了。

全球变暖危及全球经济增长，更重要的是，危及地球上生命的可持续性。它威胁着粮食安全，威胁着能否获得清洁水，还导致极端天气事件和海平面上升。它还不利于植物生长，进而影响大自然调节大气中的二氧化碳的能力。据世界银行估计，全球范围内每年极端天气造成的福祉损失高达5,200亿美元，反映了气候变化尤其对穷人造成的巨大影响，每年导致2,600万人陷入贫困。<sup>45</sup>

各国政府在应对气候变化方面的压力越来越大。根据2015年《巴黎协定》，196个国家承诺在本世纪末之前将全球气温升幅限制在2摄氏度（°C）以下，最好是将气温升幅控制在1.5°C。<sup>46</sup> 六年后，该协定的各签署国在苏格兰格拉斯哥重申了这一承诺，并且包括阿根廷、中国、欧洲联盟（欧盟）、南非、英国和美国在内的一些国家同意强化其现有的限制排放计划。<sup>47</sup> 例如，欧盟的目标是到2030年将温室气体排放量至少减少55%，高于最初提出的40%。许多国家都已经宣布了到2050年实现净零排放的目标，这些国家占世界经济的80%，中国和印度等排放大国也分别提出了到2060年和2070年实现类似的目标。

## 走向变革

政府和私营部门在引导技术创新减少经济活动对环境的不利影响方面取得了巨大的进步。这些技术创新包括能源、运输和建筑方面的气候变化缓解技术，以及环境管理和与水有关的适应技术。

缓解技术旨在减少温室气体排放，提高能源效率，改善资源利用情况，最大限度地减少浪费，改进再利用和回收。<sup>48</sup> 这些技术被称为低碳技术，与化石燃料能源相比，它们产生的二氧化碳排放量相对较低。在交通领域，电动汽车就是一个例子（见下文）。在发电领域中，这方面的例子包括太阳能光伏发电（PV）、风力涡轮机和安装有碳捕获储存设施的火力发电厂。<sup>49</sup> 二氧化碳清除和捕获技术，例如发电厂储存设施，通过将气体捕获并储存在水库（地质、陆地或海洋）或木材等产品中来减少二氧化碳的排放。<sup>50</sup>

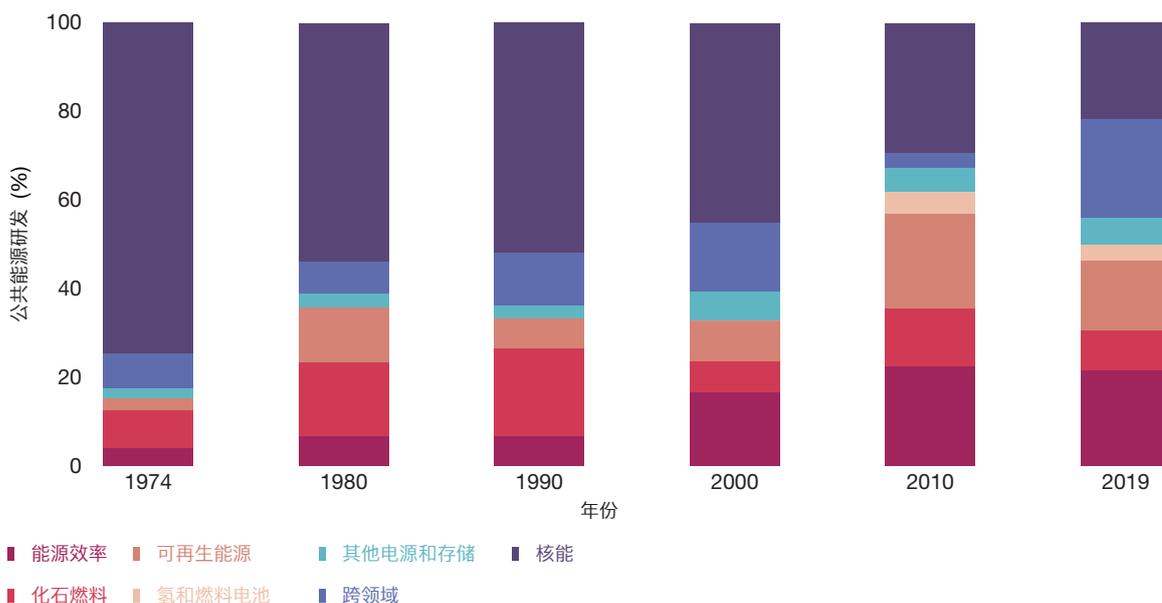
发达经济体的政府以及近期的中国政府正在通过补贴、法规以及标准来推广环保技术。作为回应，有越来越多的企业对这些技术进行投资并加以采用。重要的是，对企业来说，政府对环境政策的长期承诺是一个重要保证，使它们也可以安心地对低碳技术进行必要的长期投资。

## 为替代能源供资

自1970年代以来，各国政府一直在资助替代能源的研发。作为登月计划的一部分（见第二章），美国开始以太阳能光伏板和风力涡轮机作为能源进行试验。与此同时，1973年和1979年间油价的猛涨威胁到了欧洲和北美的经济增长，并引发了对能源安全的担忧。这种情况促使法国和巴西等国分别资助核能和乙醇研究，而日本则启动了能效计划。

## 能源领域公共研发供资构成的变化

图3.2: 1974–2019年按技术列的公共能源研发投资支出份额 (%)



资料来源: 国际能源署 (2020年a)。

注: 跨领域技术是指那些可以应用于多个能源部门的技术, 如化石燃料、其他能源和储存等。美国能源部科学办公室在其基础能源科学中报告了跨领域技术。

各国政府帮助减轻了一些与投资新的、相对未经测试的替代能源技术相关的风险和不确定性。德国在1990年代初的补贴和上网电价补贴政策 (见专栏3.3) 被认为在早期推动了对太阳能技术的需求。<sup>51</sup> 此外, 政府的支持在开发和展示新技术的实际应用以及商业化潜力方面发挥了重要作用。

研究表明, 国家对各项举措的供资对欧盟和美国的环保创新的速度和方向产生了积极的影响。<sup>52</sup> 欧盟国家提供的补贴降低了技术开发成本, 推动了太阳能和风能发电的发展。<sup>53</sup> 据帝国理工学院的研究人员称, 到2025年, 欧洲的大多数海上风电场都可以在无需补贴的情况下正常运转。<sup>54</sup>

图3.2显示了自1970年代中期以来, 针对能源研发的全球公共供资是如何撤出化石燃料投资的。根据国际能源署 (IEA) 的数据, 在截至2020年的十年中, 对化石燃料的公共供资减少了近一半, 从占能源公共研发支出总额的13%降至7%。<sup>55</sup>

### 标准、规则和法规

如上所述, 政府标准、规则和法规在促使工业和私人用户采用环保技术方面发挥着关键作用。旨在采用和推广环境技术的政策数量一直在稳步增长。<sup>56</sup> 在地方一级, 此类政策包括为在屋顶安装太阳能电池板、建造节能房屋和建筑以及购买电动自行车和车辆提供补贴。作为回应, 小型社区、农民、市政当局和有环保意识的生产商和家庭对环保技术的使用已经实现了多样化。<sup>57</sup>

然而, 此类政策的影响因所采用的激励诱导机制类型而异 (见专栏3.3)。<sup>58</sup> 处于开发早期阶段 (基础和/或应用研究阶段) 的技术往往不确定能否成功, 因此可能需要公共供资来缓解风险。<sup>59</sup> 例如, 碳清除技术的设施建造和维护成本较高。虽然已经证明这些技术有效, 但这

被称为“概念验证”, 如果大规模开发则存在风险。尽管如此, 2021年, 在政府的支持下, 宣布修建100多个新的碳捕获储存设施。<sup>60</sup>

专栏3.3显示了不同的诱导机制是如何影响低碳技术创新的。诱导机制属于政府的政策, 旨在促使产生一个如果没有该政策可能不会发生的特定行为。在环境政策方面, 政府鼓励创新生态系统的参与者开发能够降低碳排放的技术 (包括产品和方法), 如低碳技术和/或气候变化减缓技术。

还有一些机制, 如碳排放税, 可以促使采用环保技术, 引导消费者不再依赖化石燃料。世界银行报告称, 目前约有45个国家正在通过排放权交易制度、减排基金、碳税或这些制度的变体落实碳定价举措。<sup>61</sup> 此外, 《联合国气候变化框架公约》报告称, 约有100个国家正在评估碳定价, 打算将其作为减少二氧化碳排放的国家战略。<sup>62</sup>

### 专栏3.3

#### 诱导机制和创新类型

关于气候变化政策的研究大多倾向于赞同基于市场的诱导机制是最有效的机制, 例如碳税和排放权交易制度等碳定价政策。企业必须将其碳排放计入生产成本, 如果企业继续依赖高碳技术, 预计生产成本会增加。该举措鼓励企业对低碳技术进行投资, 并促使企业摒弃高碳技术。低碳技术投资有利于形成低碳技术需求和市场。此外, 政府往往可以通过碳定价政策获得收入, 特别是在颁发许可的情况下。这意味着与补贴等政策相比, 政府不大可能突然取消碳定价政策, 补贴政策可能会随着选举和预算周期而波动。对企业来说, 落实对高碳活动进行惩罚的碳定价政策可以表明政府承诺长期实施碳减排政策。<sup>63</sup>

然而，即使是基于市场的政策也会遇到问题。德国政府依靠基于市场的政策来吸引对作为能源的太阳能光伏技术进行投资。最初，政府采用上网电价补贴，确保太阳能发电的价格高于传统化石燃料发电的价格。<sup>64</sup>

但是上网电价补贴存在两个主要缺点。首先，它们模糊了太阳能发电的“真实”价格。其次，它们不一定能鼓励企业降低生产成本。

除了上网电价补贴外，监管机构当下还依赖拍卖和其他竞争机制。例如，在德国的电力采购协议或招标制度中，太阳能光伏开发商对新发电项目进行投标，成本最具有竞争力的投标中标。由于存在价格竞争，可以激励供应商和项目开发商降低成本，这可使整个价值链受益。

另一个基于市场的激励机制可能不起作用的例子是节能建筑的租户与业主的情况。如果需要由租户支付能源账单，那么公寓或房子的业主就没有动力投资新的节能技术，如隔热材料或节能家电。在这种情况下，能效标准比能源税更能激励在建筑物中使用环保创新产品。<sup>65</sup>

资料来源：Noailly (2022年)、Popp (2019年) 和Popp等人 (2010年)。

基于市场的政策的一个缺点是，它们只针对那些将要投入商业化的技术和创新，也就是那些可使用性已经经过验证的技术和创新，而不一定能激发新想法。政府支持，无论是通过帮助资助试点项目来检验想法，还是通过提供技术支持来进行开发，都可能更好地针对那些存在商业风险的低碳技术，如大规模碳捕获设施。对新技术及其开发的投资往往需要政府参与，并与高校和私营部门合作。

许多国家为鼓励采用低碳技术颁布的立法为这些技术创造了需求。据国际可再生能源署 (IRENA) 报告，2013年至2018年，私营部门的可再生能源投资占全球可再生能源投资的86%。<sup>66</sup>

### 替代能源的进步

专利申请可以大致说明研发私营企业在低碳排放技术领域的投资。在图3.3中，2000年后提交的申请专利的数量急剧增加，可能是因为这些技术在能源领域得到发展。进一步的分析表明，这些专利与太阳能、风能和燃料电池等可再生能源有关，这些能源就像是不会耗尽或不需要充电的电池。可再生能源占该领域新增专利申请的三分之一。除可再生能源专利之外，电池和氢等使能技术和智能电网方面的专利申请数量也有所增加，电池和氢等使能技术是储存可再生能源的主要选择。智能电网通过帮助现有的电力网络补偿由于不利天气条件等引起的可再生能源供应波动，提高供电的可靠性。

关于大部分低碳排放技术创新的主体的研究发现，大部分颠覆性技术都来自小企业，而不是现有的大型企业，颠覆性技术是指那些淘汰现有技术的技术，比如电信领域的移动电话。Climeworks是一家从苏黎世联邦研究所分拆出来的初创企业，该企业在冰岛建立了世界上

## 与能源相关的气候变化减缓技术是发展最快的清洁技术

图3.3a: 按类别分别的清洁技术专利申请总量

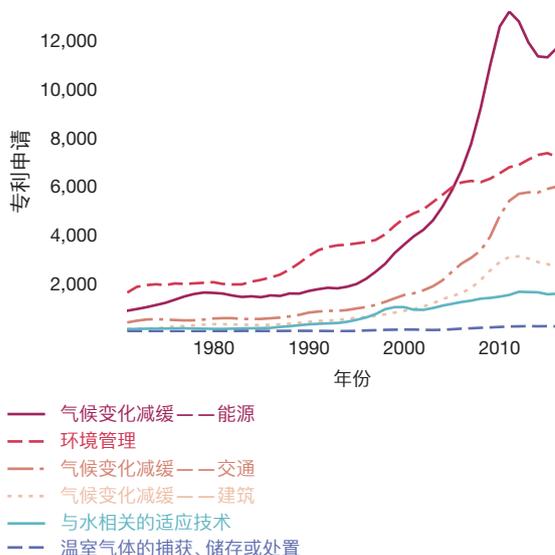
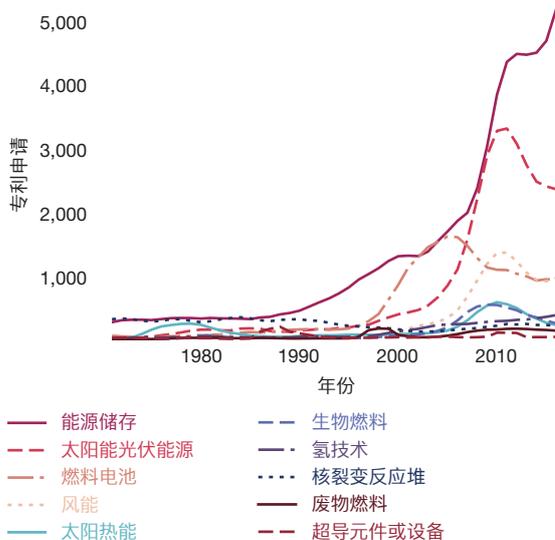


图3.3b: 按子类别分别的能源领域的气候变化减缓技术



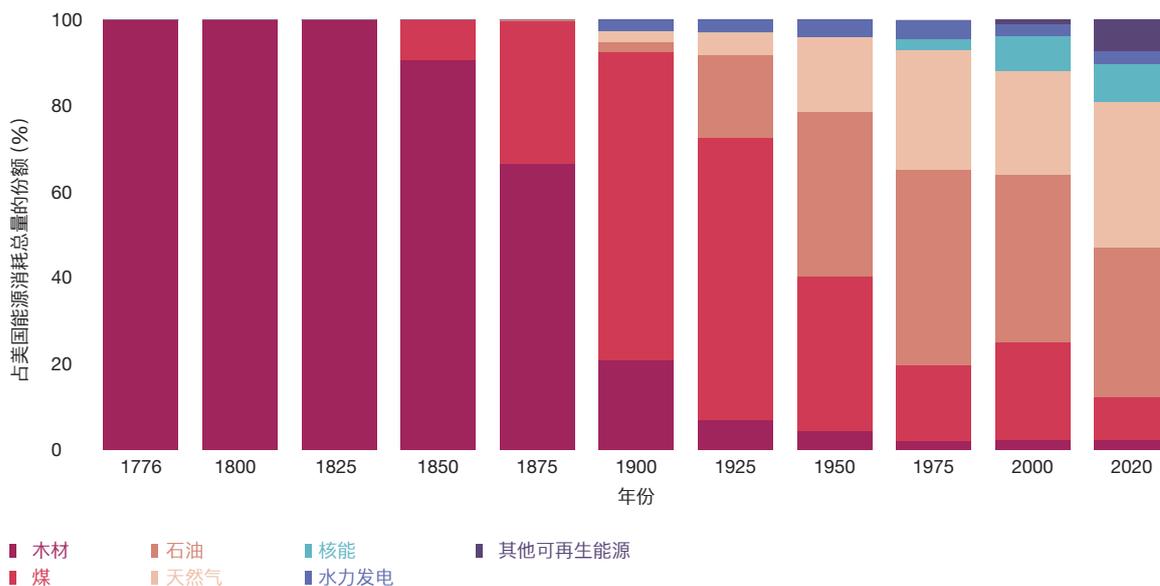
资料来源：产权组织。  
注：专利申请是指向至少两个知识产权局提交过的专利文件。

最大的“直接从空气中”进行碳捕获和存储的工厂。Orca工厂将于2021年夏天完工，预计每年将收集4,000吨二氧化碳，并将其储存在地下。与该领域的许多颠覆性技术一样，Orca的运营成本较高，并且可能在一段时间内不会获利。这表明了为什么现有的公司不愿意对此类创新进行投资。<sup>67</sup>

一些大公司也在积极进行低碳技术创新，这些大公司主要是石油和天然气行业的。然而，这些公司的创新往往集中在继续使用现有化石燃料技术上，但增加了碳捕获和储存设施，以消除碳排放。<sup>68</sup> 它们在这方面的投资占比较超过全球碳捕获、利用和储存项目投资三分之一。<sup>69</sup>

## 美国的能源正日益多样化

图3.4: 主要能源占美国能源消费总量的份额



资料来源: 美国能源信息署 (2021年4月)。  
注: 其他可再生能源包括太阳能、风能、生物燃料和地热。

如图3.4所示, 在发展替代能源方面取得的进步使美国能源日益多样化。

下文描述的两个案例研究了政府在引导变革转向替代性、更环保的技术方面发挥的作用。第一个案例研究了太阳能光伏作为可再生能源的发展, 第二个案例研究了电动汽车的发展。这些案例具有启发性, 因为能源生产和运输是全球温室气体的主要排放来源。<sup>70</sup>

### 太阳能光伏

政府是太阳能光伏产业发展的主要推动力。<sup>71</sup> 如前所述, 美国太空计划在早期对太阳能电池板开发进行了投资。到1958年, 美国的先锋一号卫星以太阳能电池板作为其能源。<sup>72</sup> 此外, 在1970年代, 德国和丹麦的环保激进分子说服了各自政府开发非化石燃料能源, 包括太阳能和风能。

一些德国、美国和日本公司是最早进行太阳能光伏创新的公司。在美国国家航空航天局的领导下, 太阳能光伏在太空和地球上的应用取得了重要的技术进步 (见第二章)。<sup>73</sup> 从1990年代开始, 德国开始为太阳能光伏技术提供大量补贴 (见专栏3.3), 正如我们已经看到的, 这保证了通过这种方法产生的能源的价格较高。<sup>74</sup>

随着越来越多的国家出台了太阳能光伏技术的生产和消费激励措施, 产能获得了提升, 并且市场竞争者也多了起来。德国、日本和美国的一些传统创新者开始与中国和印度的公司竞争。<sup>75</sup> 目前, 中国、美国、日本、荷兰、德国、中国香港特别行政区、大韩民国、新加坡和马来西亚的一些公司成了最大的太阳能光伏组件出口商。<sup>76</sup>

产能的提升和竞争对手的增多导致太阳能光伏价格大幅下降, 并刺激了市场对该技术的需求。2013年至2018

年, 太阳能光伏产业吸引的投资占全球可再生能源投资的46%。<sup>77</sup> 在2010年至2018年的八年时间里, 太阳能光伏发电的成本下降了77%。与2005年相比, 到2018年, 太阳能光伏的累计装机容量提高了100倍。<sup>78</sup> 据国际能源署预测, 到2050年, 如果太阳能光伏发电容量提高20倍, 则太阳能发电将占全球供电总量的五分之一。<sup>79</sup>

由于COVID-19大流行导致供应链中断, 太阳能电池板组件出现短缺, 导致最近太阳能电池板的价格上涨。此外, 美国和中国之间的贸易紧张关系可能导致对关键零部件征收关税。这些情况可能会阻碍太阳能光伏的采用, 并且不利于各国的脱碳战略。

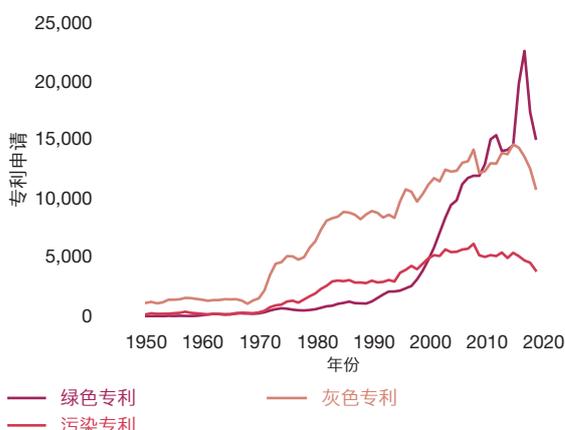
### 电动汽车

电动汽车技术起源于19世纪中期, 但与燃油汽车相比, 电动汽车的发展却相形见绌。然而, 在21世纪之交, 随着对碳排放的担忧加剧, 人们又重燃了对电动汽车的兴趣。

电动汽车是政府如何激发早期低碳技术需求的另一个例子。从2005年开始, 美国政府就出台了购买电动汽车可获得高达7,500美元的联邦所得税抵免的政策。这一激励措施刺激了需求。一项研究估计, 在2011年至2013年期间, 税收抵免带来的购买量至少占电动汽车总购买量的40%。<sup>80</sup> 这还不包括州一级提供的其他激励措施, 如加利福尼亚州的清洁汽车退税计划。<sup>81</sup> 在2019年, 政府削减关键补贴时, 中国和美国的电动汽车销量出现了下滑。<sup>82</sup> 自1990年代以来, 排放标准更严格了, 这促进了对电动汽车的投资。欧盟和美国的目标是, 到2030年, 电动汽车占汽车购买量的50%。此外, 一些欧盟和美国城市, 以及一些加拿大、以色列、日本、墨西哥、斯里兰卡和英国城市都已经宣布到2050年禁止销售内燃机。<sup>83</sup> 这些政策应该能刺激该领域的研发支出。

## 电动和混合动力汽车相关技术说明

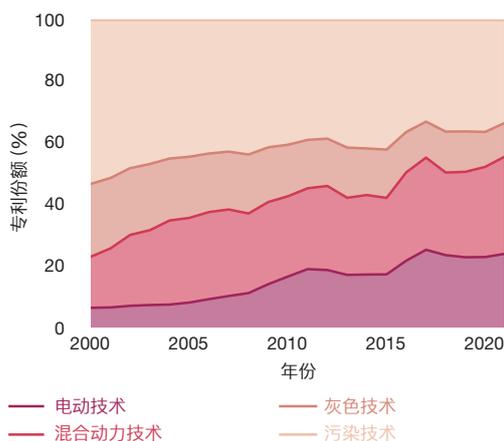
图3.5a: 按绿色(电动和混合动力)、灰色和污染专利分列的汽车行业专利申请总量



资料来源: 产权组织。

注: 一项专利可能涉及多个类别。绿色专利由电动汽车和混合动力汽车相关专利组成。污染专利是指传统内燃机车相关专利。灰色专利是指提高传统内燃机车效率的专利技术。

图3.5b: 绿色(电动和混合动力)、灰色和污染技术的专利申请占汽车行业专利申请的份额



资料来源: 产权组织。

注: 一项专利可能涉及多个类别。绿色专利由电动汽车和混合动力汽车相关专利组成。污染专利是指传统内燃机车相关专利。灰色专利由提高传统内燃机车效率的技术组成。

使能技术的进步(如电池存储容量、电池热阻和充电基础设施的改善)使电动汽车对消费者的吸引力增强。到2018年,电池得到了改进,使电动汽车的独立行驶里程比2011年提高了四倍。<sup>84</sup>

图3.5a显示了截至2009年清洁道路交通低碳技术(电动和混合动力)的专利申请是如何超过污染性高碳技术(内燃机)创新的。此外,自2016年以来,清洁技术至少占汽车行业所有专利活动的一半(见图3.5b)。

图3.6a显示了家庭对电动汽车的需求增长情况。自2011年以来,电动汽车销售的全球市场份额稳步上升,到2019年约占汽车总销量的4%。尽管政府降低了电动汽车购买补贴(见图3.6b),市场份额还是稳步增长,这说明消

费者仍然选择支持电动汽车。在高峰期,政府激励补贴占电动汽车消费支付的23%,但到2020年已降至10%。

## 公共部门和私营部门做出了反应,但制约因素依然存在

过去五年来,公共部门和私营部门都再次承诺了会应对气候变化。

## 私营部门面临的压力越来越大

越来越多的私人公共基金要求投资绿色低碳排放技术。由投资者领导的压力集团“气候行动100+”和“绿色”基金等倡议试图说服与之合作的公司遵守气候变化目标。也有倡议要求企业遵守其绿色承诺。其中包括指导公司制定科学目标的科学碳目标倡议组织(SBTi),以及旨在披露更多气候相关财务信息报告的气候相关财务信息披露工作组(TCFD)。<sup>85</sup>

2021年第一季度,绿色基金的投资超过1,780亿美元,比2020年第一季度增长了近370%。<sup>86</sup>这一巨大增长部分反映了在此期间推出的200个新的环境、社会和治理(ESG)基金,该类基金将环境、社会和治理因素整合到其投资战略中。

一些公共基金完全不再对化石燃料公司投资。预计,世界上最大的养老基金集团之一——荷兰养老基金集团ABP将在2023年第一季度之前出售其持有的超过150亿欧元的化石燃料公司股份。<sup>87</sup>

此外,保险和会计师在计算保费和价值时开始考虑客户的气候变化风险减缓策略。<sup>88</sup>那些希望保持低保费和高价值的公司必须认真对待气候问题。

公司还需考虑声誉问题。公众对气候变化的看法已经发生了改变。年轻一代更能意识到这些问题,并倡导变革。公司正在注意这一点。传统化石燃料生产商英国石油公司(BP)和埃克森美孚公司(Exxon)的董事会成员中都有气候变化激进人士。

## 更加雄心勃勃的政府行动

各国政府正在制定更为雄心勃勃的目标,以兑现其气候变化承诺。2021年,美国参议院批准了一项5,500亿美元的基础设施预算,以帮助彻底改变美国对化石燃料能源的依赖,并转而采用低碳排放技术。该预算约13%将投资于电网清洁能源传输。这将是美国历史上最大一笔低碳排放技术投资。<sup>89</sup>

美国政府的“美国航空可持续燃料的未来”旨在通过资助和支持可持续航空燃料的发展来对基础设施预算进行补充。此外,还需要对新技术进行投资,以提高飞机燃油效率。<sup>90</sup>此外,拟议的“美国重建得更好框架”为应对气候变化划拨了5,550亿美元的投资。<sup>91</sup>

2019年,欧盟启动了欧洲绿色协议,旨在到2050年实现净零碳排放,使欧洲实现碳中和。<sup>92</sup>中国国家开发银行

## 电动汽车的全球销量正在缓慢上升

图3.6a: 全球电动汽车市场份额

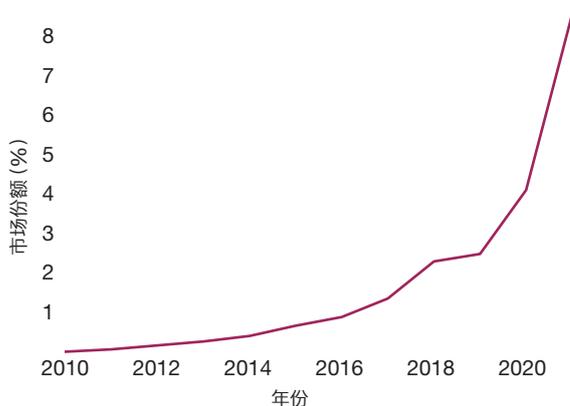
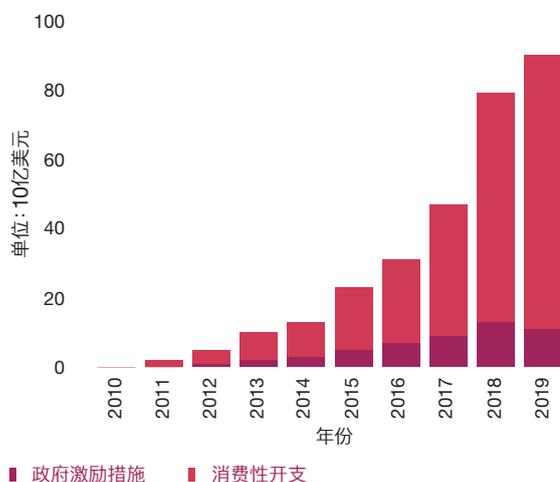


图3.6b: 按资金来源分列的电动汽车购买支出



资料来源: 国际能源署 (2021年a)。

已划拨5,000亿元人民币用于资助中国的能源部门, 其中五分之一的资金专门用于建设清洁、低碳、安全和高效的能源系统。<sup>93</sup>

在政府层面, 除了净零排放目标外, 国际民用航空组织的191个成员还批准了到2050年用可持续燃料替代大部分现有航空燃料的倡议。<sup>94</sup>

此外, 政府还与私营部门结成各种公私伙伴关系来应对气候变化。比如, 由比尔·盖茨和几个私人投资者创建的网络“突破创新”和由22个国家和欧盟委员会组成的全球联盟“创新使命”之间的公私合作伙伴关系, 致力于促进关键清洁能源技术的商业化。这些关键清洁能源技术包括绿色氢、可持续航空燃料、直接空气捕获和长期能量储存。该合作关系是在2015年签订《巴黎协定》时建立的, 并且于2021年在格拉斯哥得到了扩大。<sup>95</sup>

私营部门和公共部门的这些更坚定、更深入的承诺可能会鼓励进一步投资, 以应对气候变化的迫切需要。然而, 将这些举措转化为低碳排放技术发展的巨大进步的速度将取决于多种因素。这些因素包括政治意愿、为举措

筹集资金的能力以及当地没有创新能力的国家获得低碳技术的机会。

## 采用低碳技术的限制

向绿色经济转型的能力取决于多种因素。

尽管有环境法和政府的鼓励, 但企业对低碳技术等无污染技术的投资动力仍然有限。部分是由于化石燃料投资成本更低, 更容易购得。2020年, 化石燃料的平均补贴为10%, 这些补贴被转嫁到消费者身上。2017年, 政府的化石燃料补贴总额为4,470亿美元。相比之下, 可再生能源技术补贴为1,280亿美元, 生物燃料补贴为380亿美元。<sup>96</sup> 这种补贴上的差异反映了取消补贴在政治上的复杂性, 因为补贴通常在选举中比较受欢迎。

投资于无污染技术既费钱又有风险, 而且如上所述, 还不能保证成功。企业通常不考虑其运营所处的经济环境的潜在利益 (第一章中讨论的所谓“外部效应”), 也不考虑投资低碳技术可获得的技术知识。<sup>97</sup> 企业更倾向于关注中短期的投资回报, 而不考虑低碳技术投资对环境的潜在积极社会影响。这种私营企业利润最大化目标和社会整体福祉 (私人和社会回报) 之间的不一致是支持政府进行干预的主要理由之一。比如, 通过征收碳税, 政府迫使企业在制定决策时将二氧化碳的排放成本考虑在内。

决定对低碳技术进行投资的较新的小型专业化公司在扩大经营规模时面临着巨大的障碍。该类公司发现, 与其他从事化石燃料业务的小公司相比, 它们更难获得融资。<sup>98</sup> 它们被大公司收购的可能性也更小。<sup>99</sup> 国际能源署在2010年对清洁技术初创企业的发展进行了跟踪研究, 发现81%的企业失败和/或退出了市场。<sup>100</sup> 即使初创公司成功开发出新的可再生技术, 要证明在商业上可行, 也需要花费数亿美元。<sup>101</sup>

企业可能会不愿意投资或转向低碳技术, 包括收购专门从事低碳技术的企业, 因为这些技术最终可能会与它们争夺市场份额, 甚至使它们的现有技术被淘汰。企业未来可能会继续依赖化石燃料技术。这就是所谓的“路径依赖”。<sup>102</sup> 即使化石燃料投入更高, 企业也更可能用一种化石燃料去替代另一种化石燃料, 而不是转向低碳技术。<sup>103</sup>

对化石燃料技术的强大惯性和技术路径依赖造成了反馈循环, 即所谓的“碳锁定”。尽管面临强有力的激励措施, 企业仍然选择可以使用现有基础设施的技术, 而不是试验新技术, 创新轨迹进而只能被困在高碳领域。<sup>104</sup>

市场需求也必须充足, 以继续保持那些追求利润的公司对低碳技术的投资。此外, 对于生产商来说, 创新和部署需要高技能劳动力的低碳技术的学习曲线非常陡峭。<sup>105</sup> 即使是关注环保问题的消费者可能也不知道自己所用的电力是使用可再生能源还是化石燃料进行发电的。如果消费者知道的话, 可能会要求使用可再生能源发电, 甚至愿意为此支付额外费用。这反过来可以形成一个刺激私营部门投资的市场。

最后, 需要对能源储存设施等使能技术进行投资, 以创造和维持对低碳技术的需求。这些技术包括沿电网系统部署可再生能源所需的基础设施, 如智能电网。

# 私营部门和公共部门的这些更坚定、更深入的承诺可能会鼓励进一步投资，以应对气候变化的迫切需要

## 3.3 数字化正在改变世界

1956年夏天，新罕布什尔州汉诺威的达特茅斯学院组织了一次研讨会，讨论如何对机器进行编程，用于收集并分析数据，以解决问题，并让机器可以从所执行的任务中“学习”。该研讨会假设，可以足够详细地描述学习过程，以便对机器进行编程，使其具有智能。<sup>106</sup> 许多人认为在该研讨会上诞生了人工智能，人工智能可也称为机器学习技术。人工智能是新一轮数字化（数字通用技术）浪潮的基础，这一浪潮正在彻底改变经济活动。这一新浪潮包括预测技术、高度复杂的自动化和大数据等技术。<sup>107</sup>

数字通用技术的本质是它们无处不在，可以刺激互补领域的创新活动，可广泛应用于许多部门和行业。蒸汽机、电力和通信技术（见第一章）等以前的通用技术与世界前三次工业革命密切相关。可以说，数字技术完全融入经济活动标志着第四次工业革命——完全由数据驱动的经济到来。<sup>108</sup>

数字通用技术是数字化普及的自然结果，它源于三个相互关联但又相互独立的科学和技术领域，即机器人技术、神经网络和符号系统。神经网络和符号系统都是人工智能程序如何学习的例子。这些基于人工智能的创新是智能计算技术，可以执行一组命令，并根据反馈和学习过程改善其性能，而无需人为干预。

这些领域的进步与政府通过研究拨款、奖项和对使能技术的投资提供的支持有着密切的联系。例如，美国国防高级研究计划局（见专栏3.1）在2004年举办了一场竞赛，为完成240公里路程的自动驾驶车辆（AV）（无人驾驶或自动驾驶汽车）提供100万美元的奖金。<sup>109</sup> 人们认为该奖项对刺激自动驾驶车辆的研究起到了非常重要的作用。

信息技术（见第二章）等使能技术的不断进步以及计算能力和云计算（通过互联网提供不同的服务，如数据存储）的提升得益于政府的支持，特别是在初始阶段。<sup>110</sup> 此外，政府还对补充性基础设施（如高速互联网）进行了必要的深入投资。

与气候变化技术一样，政府将继续通过投资使能基础设施（如5G无线技术所需的网络）推动数字通用技术的采用并刺激创新。5G技术可以提供更多、更迅速和更可靠的数据，使物联网（IoT）等革命性创新成为可能（见下文）。

此外，在COVID-19大流行期间，我们更加依赖数字技术和服务。在封锁期间，消费模式和商业活动都发生了变化。消费者的家中线上购物增多，几乎所有事情都采用数字服务。<sup>111</sup> 那些能够采用数字化或在线上进行工作的企业更能适应大流行病的不利影响。那些没有顾客的企业不得不关门。

视频通信平台等支持远程工作的行业的业务有所增长。那些没有启动远程办公或没有提供便利条件的企业后来发现很难让员工重返办公室。许多需要顾客到店的餐厅和零售店被迫关张。

这些新兴服务的核心是数字平台，即促进人与人之间交易（在线市场）、提供基础设施以构建新产品或服务（移动应用程序）或创建机构基础设施（数据库区块链）的技术使能工具。<sup>112</sup>

如图3.7所示，在过去的四十年中，数字通用技术全球专利申请（代表正在进行创新）呈爆炸式增长。数字通用技术专利申请的增长速度比信息技术相关技术的专利申请增长速度快。

然而，这些技术对不同经济部门和国家的影响是不均衡的。信息的数字化是这些技术如何工作的重要组成部分。通过访问大量信息，该技术能够从提供的信息中推断出模式，并通过训练学习如何识别特定的模式和趋势。但是这需要足够强大的计算能力来处理大量数字化信息。这一要求可能会给欠发达经济体在这个新经济时代的竞争中带来更多困难。

## 创新变成了一条双行道

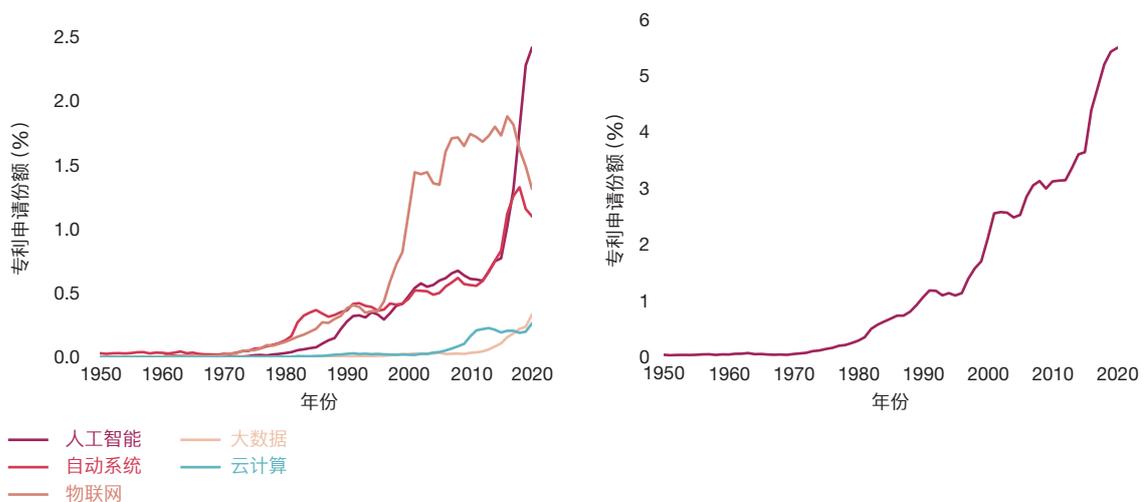
数字化通用技术通过引入新的创新者、业务方式、实践方式和价值观，正在改变各个行业。传统创新者面临着来自信息技术企业的竞争。例如，传统汽车制造商不得不与硅谷的技术公司在自动驾驶车辆开发领域展开竞争。<sup>113</sup>

在健康领域，智能手表制造商每天都在测量重要的健康信息，这些信息可以在体检期间提供有用的见解。国防和物流领域正在使用无人机进行情报侦察和交付。<sup>114</sup> 即使是在旅游行业，在线服务和移动应用程序也在变化，人们不用乘坐出租车，而是租用他人的汽车组织旅行，或者不住酒店而是选择在别人家借宿。

这些技术正在改变创新的类型。当下的许多创新都建立在数字技术的基础上，进而催生了一些新产业，如物联网，物联网是一个由相互关联且和互联网连接的对象和设备组成的系统，这些对象和设备能够自动收集并传输数据，无需人工介入。化妆品公司不再在杂志上做广告或购买电视播放时间，而是接触那些“有影响力的人”或在搜索引擎和社交媒体平台上投放广告。产品和服务是众包性的，用户对所提供的性能和服务给出反馈，买家可在购买前查看有用的点评。

## 数字通用技术的专利申请量增长速度超过了所有技术的平均专利申请量增长速度

图3.7:按类别分列的数字通用技术份额(左)和占有所有专利申请的百分比(右)



资料来源:产权组织基于全球专利统计数据库的数据。  
注:一项专利可能涉及多个类别。

在医疗领域,可以对人工智能技术进行训练来检测体内是否出现细胞生长异常情况。它有助于精准医疗的研究,可以根据患者的具体情况定制治疗方案。<sup>115</sup>

此外,数字通用技术本身正在改变我们使用数字技术的方式。这些技术是交互式的,我们在使用技术的同时,这些技术也在学习我们的行为。这一点使得它们不同于20世纪末的信息技术创新。以前,与技术的互动方式只有一种。以汽车制造业的大型机器人为例。使用这些预编程机器人可以实现某些重复性的劳动密集型任务的机械化操作。凡是要改进机器人操作方式的,均需要具备专业知识的机械工程师和专家来完成,并由机器人的用户进行试错学习。

如今,基于人工智能的技术正在利用其庞大的数据处理资源收集的大量数据进行自我改进。<sup>116</sup> 我们如何使用智能手机设备上的定位应用程序就是一个主要例子。当我们在特定交通状况的情况下搜索到达目的地的最快或最便捷路线时,我们需要提供位置、搜索时间和目的地等信息。将此请求外推到其他人就会产生一个大数据集,该数据集可以向定位系统反馈信息,反过来会实时提高其有用性和生产率。

另一个例子是我们在社交媒体平台上标记朋友的图像的情况。通过这项工作收集的大量数据可以训练人工智能,使其能更好地识别人脸,然后在识别图片中的人时,可以根据这些数据给出将来的标记建议。这种交互性和反馈使技术变得智能和灵敏。<sup>117</sup>

### 加快创新进程

数字技术存在巨大的潜在好处。目前高校和企业都依赖人工智能技术(如深度学习神经网络)来推动科学进步。深度学习是指使用多层人工神经网络,人工神经网络是受人脑神经系统启发而开发的计算系统。医学研究人员使用人工智能学习技术来帮助识别、诊断和治疗疾病。

机器翻译让我们可以看懂不同语言的网站。eBay是一个在线消费者对消费者和企业对消费者销售的平台,该平台于2014年5月在拉丁美洲推出机器翻译时,其收入增长了13.1%,美国通过eBay向拉丁美洲的出口增长了17.5%。<sup>118</sup>

将数字通用技术应用到研究中加速了创新进程,提高了研发效率。例如,在农业领域,数字技术(如土壤传感器)可以提供关于土壤状况的信息。如果土壤过于干燥,传感器会提醒系统给作物浇水。这可以提高农业效率。

在航天工业中,人工智能有望促进开发能使机器人和机器在没有人类指令的情况下自动操作的技术。随着太空探索的深入发展,通讯范围将不仅限于地球(见第二章)。

以下章节将更加深入地探讨数字通用技术是如何影响和刺激交通、医疗和教育领域的创新的。

### 优化交通系统

如上所述,数字通用技术,特别是人工智能,可以通过“智能”交通管理缓解道路拥堵。移动设备目前正在使用位智和谷歌地图等地图应用就到达特定位置的便捷路线给出建议。

但是,道路和基础设施管理局、交通管理员甚至公共交通机构等公共机构也可以使用用户位置的信息,以解决道路拥堵问题。例如,差异化道路收费政策可以根据用户在路上花费的时间或者是否拼车来收费。特定时期的道路收费上涨可能起到鼓励人们乘坐公共交通工具的作用。此外,公共交通机构可以根据这些数据来决定不同车站的公交车频率。通过提高可靠性和准时性来改善公共交通状况,可能会鼓励人们乘坐公共交通工具,从而不仅减少拥堵,还会减少碳排放。

## 优化医学研究和医疗保健

数字化正在改变医疗保健行业。一系列新的数字化通用技术正在提高医学研发效率。这些技术有可能推动疾病检测和药物发现。<sup>119</sup> 人工智能技术可用于扫描患者的遗传密码，能更好、更快地识别指示特定疾病的基因序列。例如，研究人员乐观地认为可使用人工智能对SARS-CoV-2进行早期筛查，并找出遏制未来大流行病暴发的治疗方法。<sup>120</sup>

使用这些技术可以为患者定制医疗保健服务。手表或腕带等可穿戴设备将有助于检测大脑癫痫，并提醒患者和其他人。这些智能设备还可以收集数据，供医生分析，并有助于改进医疗保健服务。它们有助于优化医院的急救服务。可以在将病人送去急诊室的路上将有关重要信息即时传达给医院。此外，可以指示那些无需立即治疗的患者在非高峰时间就诊，或者安排这些患者预约全科医生，从而有助于避免急诊室出现不必要的拥挤。

一些发展中经济体已经开始使用无人机进行医疗护理和治疗，以便克服糟糕的交通网络状况。例如，在COVID-19大流行期间，UPS（一家邮政服务提供商）、初创企业Zipline和GAVI（一家致力于为所有人提供疫苗服务的政府间组织）建立了公私伙伴关系，以便向加纳南部的阿散蒂地区提供疫苗。无人驾驶飞机可以高速飞行69公里，运输疫苗时无需冷藏也能保持疫苗活性。<sup>121</sup>

## 改善受教育机会

通用数字技术已经改变了教学的方方面面。但是全球范围内为了遏制COVID-19的传播而实行封锁加快了这一数字化进程。这可以说是有史以来最大的教育实验。从面对面教学到虚拟课堂的快速转变促使教师教学方式和学生学习方式发生了变化。教师必须发明方法来重新组织和创建虚拟课堂的教学内容，以便让学生参与到课堂活动中。

目前正在对一项面部识别的新研究进行测试，当学生不听讲时，该系统会向教师发出信号，让教师相应地调整教学。这种实验将不断推动创新发展，以提供更加个性化的教育服务。

随着线上课程的增多，学生能够更好地选择那些与自己的学习经验和需求最匹配的课程。在某些情况下，还能改善接受教育的机会，由于有时需要长途跋涉或费用高昂，并非所有人都能随时接受教育。

数字创新也将改变教学内容。人工智能、自动化和其他技术将淘汰一些职业，并产生新的职业。这些新职业需要不同的技能。重复性和例行工作的低技能劳动可能会被自动化取代。取而代之的将是对高技能组合的需求，工人能够自如地使用人工智能及其相关技术。这些技能可能包括分析、创造和适应能力，以及软技能，如批判性思维、解决问题、管理和领导能力。<sup>122</sup>

## 新革命的利弊

正如我们所见，数字通用技术正在改变创新的方向。鉴于我们越来越依赖这些技术及其带来的创新，这些变

化将继续下去，甚至可能加速。但是经济增长的好处不是自动产生的。

当催生能够补充并提高人类生产力的创新成果时，这些技术便能刺激经济增长。但是，当创新仅仅取代了对人的需求时，它们就存在加剧经济不平等的风险。<sup>123</sup> 自动化可能会影响到很大一部分人口，可以说比先前的通用技术的影响范围更广。<sup>124</sup> 失业率上升会加剧不平等。即使对于那些有能力为失业者提供社会保障的政府来说，失业率的上升仍然会使政府预算趋于紧张，并可能迫使政府减少教育和卫生等重要领域的支出。

一些发展中经济体可能还没有准备好从第四次工业革命中受益（见第一章）。<sup>125</sup> 新一轮技术进步需要大量资本投资和高技能劳动力。但低收入经济体的特点是低技能劳动力相对充足，资本投资资源有限。此外，缺乏必要的基础设施可能会进一步限制数字通用技术给贫困经济体带来的潜在好处。

如前所述，政府当局可将数字通用技术产生的大量数据用于实现重要的社会回报，如改善公共基础设施或跟踪人口疾病爆发情况。

但大部分数据都掌握在少数大型科技公司手中。这些公司通过所提供的技术服务收集数据。以定位应用程序为例。一名马来西亚用户激活定位应用程序后，该程序将向总部位于该国境外的盈利性公司的服务器发送信息。发送的数据将包括位置、时间和用户偏好的交通方式。公共交通机构和流行病学家可以使用这些数据进行分析，在这种情况下，可以使马来西亚公众受益。然而，这些公众可能无法访问这些信息，因为数据存储在一个国家的私人服务器上。

在一些国家，国家安全也是一个令人关切的问题。不同数字技术创新之间互联，并且设备可能向第三方提供敏感信息，这令人对这些技术的安全性产生怀疑。鉴于遭受黑客攻击的风险，政府对一些高度机密的行业和机构（如国防部门）应在多大程度上依赖数字技术表示担忧。

政府可以尝试以实现社会效益最大化的方式引导数字技术引发的创新，同时保护私营部门和市场的利益。例如，政府需要鼓励能带来就业或提高福利的创新，而不是那些使人们丧失就业机会的创新。<sup>126</sup> 正在发展中的技术（包括使用人工智能技术生成实时字幕和同声翻译）能够促进商业交易，提高生产力并推动经济增长。能够替代人工的技术创新可能包括用机器人替代低技能劳动力，尽管并没有确凿的证据表明这些技术将导致长期失业。两项针对高收入经济体的研究发现，采用工业机器人（集成在专业化工业流程中的相对自动化的机器）可提高生产率。<sup>127</sup> 尚不清楚这一发现是否可以扩展到较贫穷的经济体，在这些较贫穷的经济体中，低技能劳动力往往占比较高。

政府也可以在数据隐私方面发挥重要作用，特别是在决定所收集的信息的种类以及这些信息的用途方面。从世界各地收集的个人数据（即使经过了匿名处理）是否应该归私营公司所有？是否有人会使用收集的信息破坏市场竞争？英国、欧盟和美国等国的反垄断机构正在调查此类问题（见专栏3.4）。<sup>128</sup>

私营企业的利益可能与社会需求不一致。是否能够对使用私有技术收集的公民个人数据的访问权限进行管理,以便在考虑到隐私和国家安全问题的同时,确保利用数字技术进行创新能实现广泛的社会效益?这个问题没有明显的答案或解决方案。这些担忧为政府采取干预措施提供了一些理由。

### 专栏3.4

#### 大型科技公司: 反垄断担忧

谷歌/Alphabet、苹果、Facebook/Meta、亚马逊和微软掌握着世界上用户最多的数字平台。<sup>129</sup> 这五家基于信息技术的公司提供不同的竞品服务,包括搜索引擎、社交网络、智能设备,如可穿戴设备、云计算等。它们的商业模式不同。谷歌是一个搜索引擎,通过销售有针对性的广告来创收。亚马逊是一家采用数字技术的传统零售商,通过其平台销售商品。

技术飞速发展的步伐和数字市场的一体化性质给竞争法和竞争政策带来了一些挑战。适应新的市场现实和商业模式对于确保市场的竞争性和可竞争性来说至关重要。<sup>130</sup>

这五家供应商控制着相当大的市场力量,尤其是在数字市场领域。由于它们的垂直整合平台,这些公司可以使用收集的用户信息来优化下游产品和服务。从经济效率的角度来看,这是一个可喜的发展。产品捆绑,如不同应用程序支付方式之间互通,通常符合消费者和应用程序开发者的利益。

从反垄断的角度来看,少数公司控制了经济体系的很大一部分,可能不利于进一步的创新和未来的经济增长。这关系到竞争问题,即上游垂直部门利用市场力量是否会扼杀下游的竞争和创新。例如,通过使用从数字平台上收集的去用户购买模式的数据来提供来自数字平台的母公司的类似竞品,或者选择性地优先显示母公司的产品。

有几个经济论据可以反驳数字平台构成反垄断威胁的说法。这些公司不断创新并相互竞争。<sup>131</sup> 在传统的反竞争意义上,不存在进入壁垒。新产品或新竞争者进入市场相对容易,可以说成本较低。任何信息技术公司都可以建立自己的数字平台,消费者可以从一个数字平台转换到另一个。在这些服务中,有许多是免费提供给消费者的。也就是说,与新竞争对手相比,这些大公司在先发优势方面可能存在显著的竞争优势,比如创造产品生态系统和锁定用户。用户可能不愿意选择不同的平台,因为已经习惯了当前的平台,而且转换成本可能较高。<sup>132</sup>

此外,数字平台的好坏取决于其平台上提供的服务数量,而服务数量又与用户数量相关。更多的应用程序意味着更多的用户,而更多的用户就会吸引其他应用程序开发者来构建数字平台。此外,消费者数据已经成为了在许多数字市场上获取竞争优势的一种重要手段。因此,吸引并拥有大量的服务和用户在某种意义上可以被视为行业准入的门槛。

一些竞争管理机构正在从反垄断的角度研究数字平台。<sup>133</sup> 少数几个机构的调查重点包括:

- 数字平台的搜索结果,因为它们对自己产品和服务存在“自我偏好”;<sup>134</sup>
- 平台为保持其市场力量而采取的反竞争行为;<sup>135</sup>
- 旨在消除潜在竞争对手的并购活动。<sup>136</sup>

但是,竞争主管机构是如何解决市场中的反垄断问题的?它们可能无力应对这些大型技术公司及其纵向整合平台的复杂性。<sup>137</sup> 此外,任何判断都可能难以落实,甚至可能会不利于竞争。<sup>138</sup>

## 3.4 公共政策可以利用创新来应对挑战

创新过程涉及创新生态系统中不同利益攸关方的相互依赖或互动。在气候变化方面,各种行为体相互依存的行为影响着绿色技术创新的方向和速度。这些行为体包括专门从事环境技术的初创企业、能源领域的公司、政府机构(如美国环境保护署)和高校,以及政府间组织(如《联合国气候变化框架公约》)。

本节侧重于政府行动。政府可以以各种方式参与创新,比如资助研究,实施监管或设定目标以改变创新方向,正如在关于卫生(COVID-19)、气候变化和通用数字技术兴起的讨论中所看到的那样。

### 鼓励有益于社会的创新

政府可能希望影响变革的方向,以实现社会利益最大化。政策制定者这样做通常有三种理由。

当社会需求和营利性私营公司的目标不一致时,政府可以、也可能会介入。正如第一章中所述,当解决社会需求(例如控制污染)所带来的社会回报或收益远远超过继续照常经营所带来的私人回报时,情况尤其如此。

就气候变化而言,政府计划、政策、规则和标准在引导减排技术创新方面发挥着重要作用。借助数字技术,政府可能会选择避免或减轻潜在的负面影响,特别是当人工智能的使用增加可能导致大量失业,或者可能存在数据隐私、竞争或国家安全问题时。

由于市场竞争,企业倾向于投资于在最短时间内产生最高回报的创新活动。成熟公司会避免进行冒险和不确定的创新活动。这解释了为什么大多数缓解气候变化的技术突破都来自于新兴行业的初创公司。

在生物医学领域,企业将对可能具有相对直接的商业应用的活动进行投资。<sup>139</sup> 比如制药公司倾向于重新利用现有技术继续治疗疾病,而不是投资疫苗或新的医学疗法。对社会而言,对具有长期影响但需要花费更长的时间并投入更多努力的医学研究进行投资,远比重新调整现有的治疗方法和技术更可取。

政府可能需要制定计划或举措来应对危机。就COVID-19疫苗而言,为寻找快速减轻SARS-CoV-2影响的方

法提供大量资金并采取支持措施是合理的，因为寻找解决方案非常重要。<sup>140</sup> 政府支持大规模开发和生产疫苗是实现疫苗快速部署的关键。美国和英国的举措（见专栏3.1和3.2）都支持疫苗开发，从最初的研发到潜在候选疫苗，到检测和监管机构的最终批准，再到扩大疫苗的生产与销售。考虑到初期在哪些疫苗有效方面存在很大的不确定性，因此即使是那些因为研究行不通而毫无成果的疫苗投资，也不能被视为浪费资金。<sup>141</sup>

在应对气候变化方面，类似的政府支持对于在本世纪末实现全球变暖低于2°C的目标来说可能非常重要。但是，各级都需要采取行动，包括多边行动和每家每户的行动。国际能源署在一份报告中建议进行重大改革，以实现各国政府在2015年设定的并于2021年重申的目标。<sup>142</sup> 该报告称，到2030年，低碳技术投资应增加两倍以上，达到每年约4万亿美元。到2035年，应停止销售所有内燃机交通工具，到2040年，应逐步淘汰所有燃煤和燃油发电厂。简而言之，需要彻底变革全球能源系统。<sup>143</sup>

## 确定创新的方向

政府可强制推行条例和法规，推动私营部门对某些类型的创新进行投资。就气候变化而言，政府正在通过碳定价等政策引导私营部门采用低碳或碳减排技术。

同样，对于新的数字技术，政府可以对收集的用户数据的使用情况进行监管。欧盟的《通用数据保护条例》(GDPR)旨在防止滥用公民个人信息，例如，将公民个人信息用于商业营销目的或未经授权跟踪用户的活动。知识产权保护政策规定了哪些数字通用技术可以或不可以申请专利，或者在一定程度上可以申请专利。人工智能可以催生出新的发明。然而，在许多管辖区，专利可能只适用于人类的发明。不包括复杂的计算机算法进行的创新。<sup>144</sup> 人工智能产生的创新可能不得不依赖于其他知识产权工具，如商业秘密，以确保不被模仿。

国家对使能技术和/或补充性技术和基础设施进行投资可以促进关键领域的创新。例如，升级电网以便推广可再生能源的使用可以加快气候变化减缓技术的采用并减少二氧化碳排放。政府可以投资建设电池充电站，以鼓励使用电动汽车。英国和美国政府对其国家开发抗击COVID-19的尖端技术的能力进行投资，其潜在好处使他们能够应对未来出现类似的大流行病。

专栏3.5概述了选定的一些针对被认为对经济增长至关重要的具体创新活动的政府政策。

### 专栏3.5

#### 选定的一些针对建设创新数字能力的政府政策

##### 《美国创新与竞争法》<sup>145</sup>

2021年《美国创新与竞争法》是美国历史上最大的工业立法提案之一。该法“旨在通过对研究、商业化和制造业进行投资来增强美国的创新生态系统。”主要政策包括：

- 为关键领域（如人工智能、机器人、5G电话和半导体）的科学研究及特定技术的生产、向消费者销售

和发放许可提供大量资金。<sup>146</sup> 部分供资将用于扩大科学、技术、工程和数学 (STEM) 教育。

- 例如，确保原材料获取供应链的连续性；
- 在美国不同地区建立技术中心，以增强这些地区的能力并刺激经济增长。

##### 中国制造<sup>147</sup>

“中国制造2025”是一项10年战略计划，该计划于2016年启动，旨在提升中国在全球价值链中的地位，使其成为技术方面的前沿经济体之一。中国将通过下列方式实现这一目标：

- 提升尖端先进技术（即数字通用技术）的制造能力；
- 优先考虑与下列10个领域相关的技术：信息技术、机器人及自动化、航天航空装备、海洋工程装备和高技术船舶制造、轨道设备、节能汽车、电气设备、新材料、生物医药和高性能医疗器械和农业设备。

##### 欧洲地平线<sup>148</sup>

“欧洲地平线”是一项1,000亿欧元的研究和创新资助计划，该计划将持续到2027年。该计划旨在建立、发展并提升欧洲的科技知识库。其四个主要方面如下：

- 建立欧盟的科学竞争力；
- 对研究进行投资，以应对社会挑战并提升工业能力；
- 促进教育、研究和创新一体化，以推动创新；
- 支持欧盟成员国建设创新能力。

##### 工业4.0

德国于2013年4月宣布的“工业4.0”是一项专注于德国经济数字化转型的制造业战略计划。该计划覆盖了工业集成、工业信息集成、制造业数字化、物联网和人工智能等领域。该计划的基本任务是推动德国工业进入数字时代。

## 3.5 结论和政策建议

COVID-19危机、气候变化的紧迫性和数字通用技术兴起的案例研究表明创新方向已经发生了改变并将不断变化。这些例子还说明了公共政策是如何引导创新朝着最符合社会需求的方向发展的。

就COVID-19而言，政府帮助降低投资的不确定性，并缓解了与首次发现和之后进行疫苗开发相关的风险。在气候变化方面，政府出台的政策、标准、规则和法规正在引导公司和家庭采用更环保的技术。最后，就数字技术而言，政府投资并开发了使能技术（就5G而言，政府还在继续这样做），促进了创新及其采用。

如果没有政府的支持，很难说是否会取得类似的进展。没有可比较的相反案例，但是有强有力的论据支持政府行为对创新速度和方向有积极的影响。此外，政府在抢先应对创新的潜在负面影响（比如对就业的影响），以及营造正确的激励和有利环境以促进并利用创新潜力方面发挥了特有的作用。

从这些案例研究中吸取的经验教训表明了以下几个关键政策信息：

- 创新的方向很重要，因为创新的投资资源比较稀缺。
- 政策制定者对创新的长期方向的影响有限，因为无法预测长期的技术机会。然而，通过资助基础科学，政府在实现那些可以决定未来创新方向的科技突破方面发挥着至关重要的作用（即使是以不确定、不可预测的方式）。
- 政府政策通过以下方式确定中短期创新方向：
  - 根据社会需求调整私人创新激励措施；
  - 落实管理新技术（尤其是数字通用技术）的政策，这些政策可以引导创新并推动新技术的采用。例子包括数据治理、竞争甚至知识产权政策。然而，必须在推动创新、促进竞争和保护隐私权之间取得平衡；
  - 资助教育、卫生、基础设施和其他公共物品。比如，数字通用技术为改善教育和卫生状况提供了重要机会。

## 注释

- 1 Bresnahan和Trajtenberg (1995年)。
- 2 这与市场失灵概念不同, 市场失灵是政府采取干预措施的理由。在本章中, 政府进行干预, 因为不是所有的事情都应该留给市场解决(见Foray等人, 2012年; Mowery等人, 2010年)。
- 3 世界卫生组织。世卫组织冠状病毒(COVID-19) 看板[在线]。世卫组织冠状病毒(COVID-19) 看板。可从以下网址获取: <https://covid19.who.int> (于2022年1月2日访问)。
- 4 Ansell和Mullins (2021年)、Crossley等人 (2021年)。
- 5 这一数字比2021年1月的上一次估计值下调了2,000万。见Mahler等人 (2021年)。
- 6 见《全球经济展望》(国际货币基金组织, 2021年) 以及Kose和Sugawara (2020年)。
- 7 <https://www.gavi.org/vaccineswork/covid-19-vaccine-race>。
- 8 上海公共卫生临床中心的8名科学家在张永振教授的带领下, 从收到第一份样本开始, 在不到40小时内绘制出了COVID-19病毒的基因组图谱。他们于2020年1月5日将基因组图谱上传到美国国家生物技术信息中心 (NCBI)。2020年1月11日, COVID-19的序列图谱被公开分享 (Campbell, 2020年)。
- 9 Bown和Bollyky (2021年)。
- 10 Acemoglu和Linn (2004年)、Clemens和Rogers (2020年) 以及Kyle和McGahan (2011年)。
- 11 许多经济学家承认市场规模本身可能不足以激励创新。影响制药公司决定是否对一种疾病进行投资的一些因素包括找到解决方案的成本和所用时间, 甚至创新付费能力。一些疾病可能影响大量人群, 但患者数量较少。见Agarwal和Gaule (2021年)、Budish等人 (2015年) 和Kremer (2001年, 2002年)。
- 12 Kelly (2020年)。
- 13 流行病防范创新联盟是公共组织、私营组织、慈善组织和民间社会组织之间的一种伙伴关系。见 [https://cepi.net/research\\_dev/our-portfolio](https://cepi.net/research_dev/our-portfolio)。
- 14 Mariana Mazzucato (2016年, 2018年) 等经济学家在过去十年中一直倡导采用此类干预措施来应对社会挑战。Pierre Azoulay和Benjamin Jones这两位经济学家曾写信给美国政府, 敦促其这样做 (2020年)。
- 15 Bown和Bollyky (2021年)。
- 16 Regalado (2020年)。
- 17 Wagner和Wakeman (2016年)。
- 18 Adler (2021年) 和Diamond (2021年)。它最初被称为“曼哈顿计划2” (Diamond, 2021年)。
- 19 Diamond (2021年)。
- 20 见Bonvillian等人 (2019年)。
- 21 Adler (2021年) 报告了为何认为快速行动大规模采用了美国国防高级研究计划局的方法。
- 22 美国审计总署 (GAO) (2021年)。
- 23 英国商业、能源与产业战略部 (2020年)。
- 24 关于不同类型的COVID-19疫苗及其如何发挥作用的解释, 见 <https://www.gavi.org/vaccineswork/there-are-four-types-covid-19-vaccines-heres-how-they-work>。
- 25 可在英国国家卫生服务网站上查阅注册和志愿者登记看板: <https://www.nhs.uk/conditions/coronavirus-covid-19/research> 和 <https://digital.nhs.uk/dashboards/coronavirus-covid-19-vaccine-studies-volunteers-dashboard-uk> (于2021年11月29日访问)。
- 26 Scheuber (2020年)。
- 27 Cookson (2021年)、Mancini等人 (2021年)。
- 28 Durmaz等人 (2015年) 以及Gross和Sampat (2021年)。
- 29 Adler (2021年)。
- 30 这就是所谓的“紧急协作” (Liu等人, 2021年)。
- 31 本节基于Bhaven Sampat (2022年) 向产权组织提交的背景报告。
- 32 Pardi等人 (2018年) 和Schlake等人 (2012年)。
- 33 Pardi等人 (2018年)。
- 34 大多数疫苗针对的是低收入国家 (Xue和Ouellette, 即将发表)。
- 35 信使核糖核酸不能与病人的脱氧核糖核酸 (DNA) 结合, 以改变其基因构成。一旦合成的信使核糖核酸完成了使命, 它就会降解并从体内消除 (Dolgin, 2021年)。
- 36 Shipman (2021年)。
- 37 见Myers (2020年)。
- 38 见Sohrabi等人 (2021年)。
- 39 Agarwal和Gaulé (2021年)。
- 40 这些疫苗通过紧急使用授权计划获得批准。
- 41 Agrawal等人 (2021年)。
- 42 Woolliscroft (2020年)。
- 43 本节主要基于Noailly (2022年) 的背景报告。
- 44 政府间气候变化专门委员会 (2014年)。
- 45 Hellegatte等人 (2017年)。
- 46 见 <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/key-aspects-of-the-paris-agreement>, 于2021年12月4日在线访问。
- 47 美国在其2015年国家自主贡献 (NDC) 中表示, 其目标是到2030年使其温室气体排放量比2005年排放水平减少26-28%。在格拉斯哥, 美国2021年国家自主贡献进一步声明, 到2030年使其温室气体排放量比2005年排放水平减少50-52%。要查看国家自主贡献注册表, 见 <https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Home.aspx>, 于2021年12月4日在线访问。
- 48 见Noailly (2022年) 中关于低碳技术的讨论。温室气体排放指的是使地球温度高于正常水平的气体。这些气体吸收热量并将其重新释放到大气中。温室气体包括二氧化碳、甲烷、一氧化二氮、臭氧和水蒸气。
- 49 核能也是一种气候变化减缓技术。各国对符合气候缓解目标的低碳技术的定义不同。核能和燃气电厂在技术上被认为是低碳的, 但一些国家并没有将其定义为低碳电厂 (Noailly, 2022年)。
- 50 见环境相关术语词汇表 (政府间气候变化专门委员会, 2018年)。
- 51 Gerarden (2018年)。
- 52 Lim等人 (2021年) 以及Mundaca和Luth Richter (2015年)。
- 53 Jansen等人 (2020年)。
- 54 Johnson (2020年)。
- 55 国际能源署 (2020年a)。
- 56 国际能源署保存了一个成员国执行的环境政策的数据库。可以按主题、部门和类型搜索这些政策。例如针对技术、研发和创新的政策: <https://www.iea.org/policies?topic=Technology%20R%26D%20and%20innovation>。
- 57 Bird等人 (2002年)。
- 58 Popp等人 (2010年)。
- 59 Popp (2019年) 和Popp等人 (2010年)。
- 60 McCulloch (2021年)。
- 61 <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org>。
- 62 <https://unfccc.int/about-us/regional-collaboration-centres/the-ci-aca-initiative/about-carbon-pricing#eq-6>。
- 63 Rogge和Dütschke (2018年)。

- 64 德国的上网电价补贴政策可以说并不是一种补贴 (Wilke, 2011年)。
- 65 Noailly (2012年)。
- 66 国际可再生能源署和气候政策倡议 (2020年)。
- 67 使用其碳补偿服务的价格是每吨1,000美元。预计,该价格会随着工厂全面投入运营后逐渐降低 (Sigurdardottir和Rathi, 2021年)。
- 68 Cohen等人 (2020年) 以及Noailly和Smeets (2015年)。
- 69 2015年至2018年间,石油和天然气行业的大公司占全球碳捕获、利用和储存 (CCUS) 项目资本投资的37% (国际能源署, 2020年b)。
- 70 政府间气候变化专门委员会 (2014年)。
- 71 产权组织 (2017年)。
- 72 <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1958-002B>。
- 73 [https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar\\_timeline.pdf](https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf)。
- 74 Gerarden (2018年)。
- 75 产权组织 (2017年)。
- 76 世界贸易组织和国际可再生能源署 (2021年)。
- 77 2013年至2019年 (国际可再生能源署和气候政策倡议, 2020年)。
- 78 世界贸易组织和国际可再生能源署 (2021年)。
- 79 国际能源署 (2021年c)。
- 80 Li等人 (2017年)。
- 81 <http://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/movingca/cvrp.html>。
- 82 中国将电动汽车补贴削减了一半,并且通用汽车和特斯拉等汽车制造商的美国税收抵免计划已经到期 (国际能源署, 2020年c)。
- 83 国际能源署 (2020年c)。
- 84 Li等人 (2017年)。
- 85 <https://www.economist.com/finance-and-economics/2021/03/27/the-impact-of-green-investors>。
- 86 Viscidi (2021年)。2020年第一季度为380亿美元,而2021年第一季度为1,780亿美元。
- 87 Flood和Cumbo (2021年)。
- 88 O'Dwyer和Edgecliffe-Johnson (2021年)。
- 89 <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/07/28/fact-sheet-historic-bipartisan-infrastructure-deal>。
- 90 <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/09/09/fact-sheet-biden-administration-advances-the-future-of-sustainable-fuels-in-american-aviation>。
- 91 <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/10/28/president-biden-announces-the-build-back-better-framework>。另见Lobosco和Luhby (2021年) 以及Sommer (2021年)。
- 92 <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-plan-for-a-green-transition/>。
- 93 [http://www.cdb.com.cn/English/xwzx\\_715/khdt/202106/t20210630\\_8759.html](http://www.cdb.com.cn/English/xwzx_715/khdt/202106/t20210630_8759.html)。
- 94 [https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF\\_Stocktaking.aspx](https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF_Stocktaking.aspx)。
- 95 见突破能源 (2021年)。
- 96 Taylor (2020年)。
- 97 Popp (2019年)。
- 98 Gaddy等人 (2017年)。
- 99 Gaddy等人 (2017年) 以及Noailly和Smeets (2015年)。
- 100 国际能源署 (2021年b)。
- 101 Nanda等人 (2014年)。
- 102 Aghion等人 (2016年) 以及Noailly和Smeets (2015年)。
- 103 Acemoglu等人 (2019年)。
- 104 Unruh (2000年)。
- 105 Fabrizio和Hawn (2013年)。
- 106 McCarthy等人 (2006年) 提议,“原则上可以精确描述学习的各个方面或智能的任何其他特征,以使用机器来进行模拟。”
- 107 学者争论人工智能及其相关技术是数字通用技术和/或使能技术还是“发明方法的发明”(Bigliardi等人, 2020年; Cockburn等人, 2019年; Martinelli等人, 2021年)。Cockburn等人 (2019年) 认为,在研究范围相对狭窄的任务中开发的技术 (如机器人) 与那些具有全技术应用领域的技术之间存在差异。为了区分这两者,合著者轮流将人工智能及其相关技术归类为数字通用技术或“发明方法的发明。”他们最终选择将人工智能及其相关技术归类为数字通用技术发明方法的发明。尽管如此,这些数字技术对创新方向还是造成了深远的影响。
- 108 关于人工智能和类似技术的兴起是否是第三次工业革命的延伸存在争议。可以说是世界经济论坛的创始人兼执行董事Klaus Schwab创造了这个术语 (Schwab, 2016年)。
- 109 见产权组织 (2019年a) 关于自主车辆的第三章。
- 110 企业在已经依赖大数据并拥有足够的计算能力时,采用人工智能的几率更高 (Brynjolfsson和McAfee, 2014年)。
- 111 Yilmazkuday (即将发表) 发现与大流行病之前的趋势相比,消费者支出增加了16%,网上购物增加了21%。
- 112 Geradin (2018年) 和Hinings等人 (2018年)。
- 113 见产权组织 (2019年a) 关于自主车辆的第三章。
- 114 见产权组织 (2015年) 关于机器人的第三章。
- 115 更多实例见产权组织 (2019年b)。
- 116 Brynjolfsson等人 (2017年)。
- 117 见产权组织 (2019年b) 关于人工智能技术的伦理困境。
- 118 Brynjolfsson等人 (2018年)。
- 119 见Kudumala等人 (2021年) 了解更多实例。
- 120 Dogan等人 (2021年)、Khan等人 (2021年) 和Vaishya等人 (2020年)。
- 121 <https://about.ups.com/be/en/social-impact/the-ups-foundation/health-humanitarian-relief/delivering-what-matters--equitable-vaccine-access-globally.html>。
- 122 Trajtenberg (2019年)。
- 123 Aghion等人以及Brynjolfsson和McAfee (2014年)。
- 124 Trajtenberg (2019年)。
- 125 Fu和Liu (2022年)。
- 126 Trajtenberg (2019年)。
- 127 见Cockburn等人 (2019年); Graetz和Michaels (2018年)。
- 128 见Espinoza (2021年)、Espinoza和Beioley (2021年)、Kalra (2021年) 以及Song (2021年)。可在下列网址查询美国司法部的案件档案: <https://www.justice.gov/atr/case/us-and-plaintiff-states-vs-google-llc>。
- 129 数字平台这一术语在此处的使用并不严格。这五家公司提供不同的服务并且业务模式不同 (Gilbert, 2021年)。
- 130 联合国贸易和发展会议 (2019年)。
- 131 Gawer (2021年) 和Varian (2021年)。
- 132 见经合组织 (2021年), 7-8。
- 133 澳大利亚竞争和消费者委员会、法国竞争管理局及英国竞争和市场管理局分别于2021年9月21

- 日、2021年6月7日和2021年7月1日完成了它们的研究。欲了解更多信息, 见: <https://www.accc.gov.au/publications/digital-advertising-services-inquiry-final-report>, <https://www.autoritedelaconurrence.fr/fr/communiqués-de-presse/lautorite-de-la-conurrence-sanctionne-google-hauteur-de-220-millions-deuros>, <https://www.gov.uk/cma-cases/online-platforms-and-digital-advertising-market-study>。欧洲联盟于2021年6月22日开始展开调查(见 [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_21\\_3143](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3143)), 而据报道, 美国司法部正准备起诉谷歌(见 <https://www.reuters.com/technology/us-doj-preparing-sue-google-over-digital-ads-business-bloomberg-news-2021-09-01>)。
- 134 例如, 欧盟委员会对亚马逊和谷歌的调查(Geradin, 2018年), 以及印度当局对亚马逊和Flipkart的调查(Kalra, 2021年)。
- 135 例如, 谷歌可以向其他服务提供商支付费用, 使其搜索引擎成为默认搜索引擎(Molla和Estes, 2020年; Nellis, 2020年; Park, 2021年)。
- 136 美国联邦贸易委员会认为, Facebook对Instagram和WhatsApp的收购是对消费者有害的反竞争行为。见 <https://www.ftc.gov/enforcement/cases-proceedings/191-0134/facebook-inc-ftc-v>。
- 137 Gilbert (2021年)。
- 138 Waller (2009年)。
- 139 见Bryan等人(2020年)、Budish等人(2015年)以及Hanisch和Rake (2021年)。
- 140 Sampat (2022年)。
- 141 Nelson (1961年) 和Scherer (2011年)。
- 142 2015年12月12日, 在法国巴黎举行的《联合国气候变化框架公约》缔约方会议第二十一一次大会上, 196个国家承诺将全球气温上升幅度限制在2°C以内。见 <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/key-aspects-of-the-paris-agreement>。
- 143 国际能源署 (2021年c)。
- 144 产权组织关于知识产权和前沿技术的对话为探讨这些问题提供了论坛。
- 145 <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/05/SAP-S.-1260.pdf>。
- 146 2,500亿美元中有略多于500亿美元将会拨给国家科学基金会(NSF)。
- 147 [http://english.www.gov.cn/premier/news/2017/01/29/content\\_281475554068056.htm](http://english.www.gov.cn/premier/news/2017/01/29/content_281475554068056.htm)。
- 148 [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en)。

## 参考文献

- Acemoglu, D. and J. Linn (2004). Market size in innovation: Theory and evidence from the pharmaceutical industry. *Quarterly Journal of Economics*, 119, 1049–1090.
- Acemoglu, D., P. Aghion, L. Barrage and D. Hemous (2019). Climate Change, Directed Innovation, and Energy Transition: The Long–Run Consequences of the Shale Gas Revolution. Meeting Papers 1302, Society for Economic Dynamics.
- Adler, D. 2021. Inside Operation Warp Speed: A new model for industrial policy. *American Affairs Journal*, 5(2).
- Agarwal, R. and P. Gaulé (2021). What Drives Innovation? Lessons from COVID–19 R&D. IZA Discussion Papers, no. 14079. Institute of Labor Economics (IZA).
- Aghion, P., A. Dechezleprêtre, D. Hémous, R. Martin and J. Van Reenen (2016). Carbon taxes, path dependency, and directed technical change: Evidence from the auto industry. *Journal of Political Economy*, 124, 1–51. DOI: <https://doi.org/10.1086/684581>.
- Aghion, P., B.F. Jones and C.I. Jones (2017). Artificial Intelligence and Economic Growth. Working Paper Series, no. 23928. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w23928>.
- Agrawal, G., H. Ahlawat and M. Dewhurst (2021). The biopharma industry has shown what it can achieve when it works at its best. How can the industry build on this renewed sense of purpose in the years ahead? McKinsey & Company Pharmaceutical & Medical Products Practice. McKinsey & Company.
- Ansell, R. and J.P. Mullins (2021). COVID–19 ends longest employment recovery and expansion in current employment statistics (CES) history, causing unprecedented job losses in 2020. *Monthly Labor Review*. Washington, D.C.: U.S. Bureau of Labor Statistics.
- Azoulay, P. and B. Jones (2020). Beat COVID–19 through innovation. *Science*, 368, 553–553. DOI: <https://doi.org/10/ggv2dd>.
- Bigliardi, B., E. Bottani and G. Casella (2020). Enabling technologies, application areas and impact of industry 4.0: A bibliographic analysis. *International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing (ISM 2019)*, *Procedia Manufacturing*, 42, 322–326. DOI: <https://doi.org/10/gmqb4p>.
- Bird, L., R. Wüstenhagen and J. Aabakken (2002). A review of international green power markets: Recent experience, trends, and market drivers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, 513–536. DOI: <https://doi.org/10/dg7z96>.
- Bonvillian, W.B., R.V. Atta and P. Windham (eds) (2019). *The DARPA Model for Transformative Technologies: Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency*. Open Book Publishers.
- Bown, C.P. and T. Bollyky, T. (2021). How COVID–19 Vaccine Supply Chains Emerged in the Midst of a Pandemic. Working Paper 21–12, The World Economy.
- Breakthrough Energy (2021). Breakthrough Energy and MI: Partners in delivering our net–zero future. Mission Innovation. Available at: <http://mission-innovation.net/2021/03/16/breakthrough-energy-and-mi-partners-in-delivering-our-net-zero-future> (accessed January 13 2022).
- Bresnahan, T.F. and M. Trajtenberg (1995). General purpose technologies “Engines of growth”? *Quarterly Journal of Economics*, 65, 83–108. DOI: <https://doi.org/10/fgvj5w>.
- Bryan, K., J. Lemus and G. Marshall (2020). Crises and the Direction of Innovation. Working paper, available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3587973>.
- Brynjolfsson, E. and A. McAfee (2014). *The Second Machine Age: Work Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W. Norton & Company.
- Brynjolfsson, E., X. Hui and M. Liu (2018). Does Machine Translation Affect International Trade? Evidence from a Large Digital Platform. Working Paper Series, no. 24917. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w24917>.
- Brynjolfsson, E., D. Rock and C. Syverson (2017). Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics. Working Paper Series, no. 24001. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w24001>.
- Budish, E., B.N. Roin and H. Williams (2015). Do firms underinvest in long–term research? Evidence from cancer clinical trials. *American Economic Review*, 105, 2044–2085. DOI: <https://doi.org/10/gdz4zg>.
- Campbell, C. (2020). Chinese scientist who first sequenced COVID–19 genome speaks about controversies surrounding his work. Time. Available at: <https://time.com/5882918/zhang-yongzhen-interview-china-coronavirus-genome>.

- Clemens, J. and P. Rogers (2020). Demand Shocks, Procurement Policies, and the Nature of Medical Innovation: Evidence from Wartime Prosthetic Device Patents. Working Paper Series, no. 26679. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w26679>.
- Cockburn, I.M., R. Henderson and S. Stern (2019). The impact of artificial intelligence on innovation: An exploratory analysis. In Agrawal, A., J. Gans and A. Goldfarb (eds), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. University of Chicago Press, 115–146.
- Cohen, L., U.G. Gurun and Q.H. Nguyen (2020). The ESG–Innovation Disconnect: Evidence from Green Patenting. Working Paper Series, no. 27990. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w27990>.
- Cookson, C. (2021). How the UK boosted its vaccine manufacturing capacity. *Financial Times*. Available at: <https://www.ft.com/content/662ab296-2aef-4179-907c-5dba5c355d86>.
- Crossley, T.F., P. Fisher and H. Low (2021). The heterogeneous and regressive consequences of COVID–19: Evidence from high quality panel data. *Journal of Public Economics*, 193, 104334. DOI: <https://doi.org/10/gh6g85>.
- Diamond, D. (2021). The crash landing of “Operation Warp Speed.” *Politico*. Available at: <https://www.politico.com/news/2021/01/17/crash-landing-of-operation-warp-speed-459892>.
- Dogan, O., S. Tiwari, M.A. Jabbar and S. Guggari (2021). A systematic review on AI/ML approaches against COVID–19 outbreak. *Complex & Intelligent Systems*, 7, 2655–2678. DOI: <https://doi.org/10/gnqxs2>.
- Dolgin, E. (2021). The tangled history of mRNA vaccines. *Nature*, 597, 318–324. DOI: <https://doi.org/10/gmthh9>
- Durmaz, A.A., E. Karaca, U. Demkow, G. Toruner, J. Schoumans and O. Cogulu (2015). Evolution of genetic techniques: Past, present, and beyond. *BioMed Research International*, 2015, 461524. DOI: <https://doi.org/10/gb57gp>.
- Espinoza, J. (2021). EU lawmakers agree on rules to target Big Tech. *Financial Times*. Available at: <https://www.ft.com/content/045346cf-c28a-4f6f-9dce-4f8426129bf9>.
- Espinoza, J. and K. Beioley (2021). UK competition regulator plans probe into Amazon’s use of data. *Financial Times*. Available at: <https://www.ft.com/content/e169cee6-880d-4b8d-acf7-32c2f774f852>.
- Fabrizio, K.R. and O. Hawn (2013). Enabling diffusion: How complementary inputs moderate the response to environmental policy. *Research Policy*, 42, 1099–1111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.02.003>.
- Flood, C. and J. Cumbo (2021). Dutch pension giant ABP to dump €15bn in fossil fuel holdings. *Financial Times*. Available at: <https://www.ft.com/content/425d7c82-e69a-4fe2-9767-8c92bda731e7>.
- Foray, D., D.C. Mowery and R.R. Nelson (2012). Public R&D and social challenges: What lessons from mission R&D programs? *Research Policy*, 41(10), 1697–1702. DOI: <https://doi.org/10/gfdcf>.
- Fu, X. and L. Shi (2022). Direction of Innovation in Developing Countries and its Driving Forces. WIPO Economic Research Working Paper Series, no. 69. Geneva: World Intellectual Property Report.
- Gaddy, B.E., V. Sivaram, T.B. Jones and L. Wayman (2017). Venture capital and cleantech: The wrong model for energy innovation. *Energy Policy*, 102, 385–395.
- GAO (Government Accountability Office) (2021). Operation Warp Speed: Accelerated COVID–19 Vaccine Development Status and Efforts to Address Manufacturing Challenges, Report to Congressional Addresses. Washington, D.C.: United States Government Accountability Office. Available at: <https://www.gao.gov/products/gao-21-319>.
- Gawer, A. (2021). Digital platforms and ecosystems: Remarks on the dominant organizational forms of the digital age. *Innovation*, 0, 1–15. DOI: <https://doi.org/10/gmzkwk>.
- Geradin, D. (2018). What Should EU Competition Policy Do to Address the Concerns Raised by the Digital Platforms’ Market Power? TILEC Discussion Paper, no. 2018–041. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3299910>.
- Gerarden, T.D. (2018). Demanding innovation: The impact of consumer subsidies on solar panel production costs. Cambridge, MA: Harvard Environmental Economics Program, 2018. Available at: <https://heep.hks.harvard.edu/publications/demanding-innovation-impact-consumer-subsidies-solar-panel-production-costs>.
- Gilbert, R.J. (2021). Separation: A cure for abuse of platform dominance? *Information Economics & Policy: Antitrust in the Digital Economy*, 54, 100876. DOI: <https://doi.org/10/ghpcvk>.
- Global Health Centre. 2021. COVID–19 Vaccines R&D Investments. Graduate Institute of International and Development Studies. Retrieved from: [knowledgeportalia.org/covid19-r-d-funding](https://knowledgeportalia.org/covid19-r-d-funding) (accessed August 1, 2021).

- Graetz, G. and G. Michaels (2018). Robots at work. The Review of Economics and Statistics, 100, 753–768. DOI: <https://doi.org/10/ggfw8r>.
- Gross, D. and B. Sampat (2021). Crisis Innovation Policy from World War II to COVID-19. Working Paper Series, no. 28915. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: <https://doi.org/10.3386/w28915>.
- Hanisch, M. and B. Rake (2021). Repurposing Without Purpose? Early Innovation Responses to the COVID-19 Crisis: Evidence from Clinical Trials. R&D Management, Special issue paper. DOI: <https://doi.org/10/gh7k87>.
- Hellegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore and J. Rozenberg (2017). Unbreakable: Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disaster, Climate Change and Development Series. Washington, D.C.: World Bank.
- Hinings, B., T. Gegenhuber and R. Greenwood (2018). Digital innovation and transformation: An institutional perspective. Information and Organization, 28, 52–61. DOI: <https://doi.org/10/gdhskm>.
- IEA (International Energy Agency) (2020a). Energy Technology RD&D Budgets Overview, IEA Energy Technology RD&D Budgets. Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-rdd-budgets-overview>.
- IEA (2020b). The Oil and Gas Industry in Energy Transitions: World Energy Outlook special report. Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-energy-transitions>.
- IEA (2020c). Global EV Outlook 2020: Entering the Decade of Electric Drive? Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>.
- IEA (2021a). Global EV Outlook 2021. Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>.
- IEA (2021b). Ten Years of Clean Energy Start-ups. Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/articles/ten-years-of-clean-energy-start-ups>.
- IEA (2021c). Net Zero by 2050. Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
- IMF (International Monetary Fund) (2021). World Economic Outlook Update, July 2021: Fault Lines Widen in the Global Recovery. Washington D.C.: International Monetary Fund. Available at: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/07/27/world-economic-outlook-update-july-2021>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC Fifth Assessment Report). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr>.
- IPCC (2018). Annex I: Glossary. In Matthews, J.B.R., M. Babiker, H. de Coninck, S. Connors, R. Diemen, R. Djalante et al. (eds), Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: <https://www.ipcc.ch/sr15/download>.
- IRENA and CPI (International Renewable Energy Agency and Climate Policy Initiative) (2020). Global Landscape of Renewable Energy Finance 2020. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. Available at: <https://www.irena.org/publications/2020/Nov/Global-Landscape-of-Renewable-Energy-Finance-2020>.
- Jansen, M., I. Staffell, L. Kitzing, S. Quoilin, E. Wiggelinkhuizen, B. Bulder et al. (2020). Offshore wind competitiveness in mature markets without subsidy. Nature Energy, 5(8), 614–622. <https://doi.org/10/gh75pp>.
- Johnson, S.K. (2020). Offshore wind in Europe won't need subsidies much longer. Ars Technica. Available at: <https://arstechnica.com/science/2020/07/offshore-wind-in-europe-wont-need-subsidies-much-longer> (accessed August 18, 2021).
- Kalra, A. (2021). Amazon documents reveal company's strategy to dodge India's regulators. Reuters. Available at: <https://www.reuters.com/investigates/special-report/amazon-india-operation>.
- Kelly, É. (2020). EU announces second wave of research response to COVID-19. Science Business. Available at: <https://sciencebusiness.net/covid-19/news/eu-announces-second-wave-research-response-covid-19>.
- Khan, M., M.T. Mehran, Z.U. Haq, Z. Ullah, S.R. Naqvi, M. Ihsan and H. Abbass (2021). Applications of artificial intelligence in COVID-19 pandemic: A comprehensive review. Expert Systems with Applications, 185, 115695. DOI: <https://doi.org/10/gnqxs3>.
- Kose, M.A. and N. Sugawara (2020). Understanding the depth of the 2020 global recession in 5 charts. World Bank Blogs. Available at: <https://blogs.worldbank.org/opendata/understanding-depth-2020-global-recession-5-charts> (accessed November 23, 2021).

- Kremer, M. (2001). Creating markets for new vaccines — Part I: Rationale. In Jaffe, A., J. Lerner and S. Stern (eds), *Innovation Policy and the Economy*, Volume 1. MIT Press, 35–72. DOI: <https://doi.org/10.1086/ipe.1.25056141>.
- Kremer, M. (2002). Pharmaceuticals and the developing world. *Journal of Economic Perspectives*, 16, 67–90.
- Kudumala, A., D. Ressler and W. Miranda (2021). Scaling up AI across the life sciences value chain. Deloitte Insights. Deloitte. Available at: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/life-sciences/ai-and-pharma.html>.
- Kyle, M.K. and A.M. McGahan (2011). Investments in pharmaceuticals before and after TRIPS. *The Review of Economics and Statistics*, 94, 1157–1172. DOI: [https://doi.org/10.1162/REST\\_a\\_00214](https://doi.org/10.1162/REST_a_00214).
- Li, S., L. Tong, J. Xing and Y. Zhou (2017). The market for electric vehicles: Indirect network effects and policy design. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4, 89–133. DOI: <https://doi.org/10/gj8rcc>.
- Lim, T., T. Tang and W.M. Bowen (2021). The impact of intergovernmental grants on innovation in clean energy and energy conservation: Evidence from the American Recovery and Reinvestment Act. *Energy Policy*, 148, 111923. DOI: <https://doi.org/10/gmhrd4>.
- Liu, M., Y. Bu, C. Chen, J. Xu, D. Li, Y. Leng et al. (2021). Can pandemics transform scientific novelty? Evidence from COVID–19. *Journal of the Association for Information Science and Technology*. DOI: <https://doi.org/10.1002/asi.24612>.
- Lobosco, K. and T. Luhby (2021). Build Back Better Bill: 10 things you didn't know. CNNPolitics. Available at: <https://edition.cnn.com/2021/12/07/politics/biden-build-back-better-spending-bill/index.html> (accessed December 12, 2021).
- Mahler, D.G., N. Yonzan, C. Lakner, R.A. Casaneda Aguilar and H. Wu (2021). Updated estimates of the impact of COVID–19 on global poverty: Turning the corner on the pandemic in 2021? World Bank Blogs. Available at: <https://blogs.worldbank.org/opendata/updated-estimates-impact-covid-19-global-poverty-turning-corner-pandemic-2021> (accessed November 23, 2021).
- Mancini, D.P., H. Kuchler, J. Pickard and J. Cameron–Chileshe (2021). Flagship UK vaccine manufacturing centre put up for sale. *Financial Times*. Available at: <https://www.ft.com/content/d312c4cb-201d-4ce6-a98f-715b20d77998>.
- Martinelli, A., A. Mina, A. and M. Moggi (2021). The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution. *Industrial and Corporate Change*, 30, 161–188. DOI: <https://doi.org/10/gjscgj>.
- Mazzucato, M. (2016). From market fixing to market-creating: A new framework for innovation policy. *Industry and Innovation*, 23, 140–156. DOI: <https://doi.org/10.1080/13662716.2016.1146124>.
- Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 27, 803–815. DOI: <https://doi.org/10/gfdbxb>.
- McCarthy, J., M. Minsky, N. Rochester and C. Shannon (2006). A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence. *AI Magazine*, 27(4), 12. DOI: <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904>.
- McCulloch, S. (2021). Carbon capture in 2021: Off and running or another false start? IEA. Available at: <https://www.iea.org/commentaries/carbon-capture-in-2021-off-and-running-or-another-false-start> (accessed December 5, 2021).
- Molla, R. and A.C. Estes, A.C. (2020). Google's antitrust lawsuits, explained. Vox. Available at: <https://www.vox.com/recode/2020/12/16/22179085/google-antitrust-monopoly-state-lawsuit-ad-tech-search-facebook> (accessed 12 August, 2021).
- Mowery, D.C., Nelson, R.R., Martin, B.R. (2010). Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). *Research Policy*, 39, 1011–1023. <https://doi.org/10/bqjwxh>
- Mundaca, L., Luth Richter, J. (2015). Assessing 'green energy economy' stimulus packages: Evidence from the U.S. programs targeting renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1174–1186. <https://doi.org/10/f3n642>
- Myers, K. (2020). The elasticity of science. *American Economic Journal: Applied Economics*, 12, 103–134. <https://doi.org/10/gjh9xc>
- Nanda, R., Younge, K., Fleming, L. (2014). Innovation and entrepreneurship in renewable energy, in: Jaffe, A.B., Jones, B.F. (eds), *The Changing Frontier: Rethinking Science and Innovation Policy*. University of Chicago Press, pp. 199–232. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226286860.003.0008>
- Nellis, S. (2020). UK regulators take aim at Apple's search engine deal with Google. Reuters. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-apple-google-idUSKBN242748>.

- Nelson, R.R. (1961). Uncertainty, learning, and the economics of parallel research and development efforts. *The Review of Economics and Statistics*, 43, 351–364. DOI: <https://doi.org/10/ct87xp>.
- Noailly, J. (2012). Improving the energy efficiency of buildings: The impact of environmental policy on technological innovation. *Energy Economics*, 34, 795–806. DOI: <https://doi.org/10/fnfqc6>.
- Noailly, J. (2022). Directing Innovation Towards a Low-Carbon Future. WIPO Economic Research Working Paper Series, no. 73. Geneva: World Intellectual Property Report.
- Noailly, J. and R. Smeets (2015). Directing technical change from fossil-fuel to renewable energy innovation: An application using firm-level patent data. *Journal of Environmental Economics and Management*, 72, 15–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.03.004>.
- O'Dwyer, M., and A. Edgecliffe-Johnson (2021, August 30). Big Four accounting firms rush to join the ESG bandwagon. *Financial Times*. Available at: <https://www.ft.com/content/4a47fb4a-4a10-4c05-8c5d-02d83052bee7>.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2021). Data Portability, Interoperability and Digital Platform Competition. OECD Competition Committee Discussion Paper. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. Available at: <https://www.oecd.org/daf/competition/data-portability-interoperability-and-competition.htm>.
- Pardi, N., M.J. Hogan, F.W. Porter and D. Weissman (2018). mRNA vaccines — A new era in vaccinology. *Nature Reviews Drug Discovery*, 17, 261–279. DOI: <https://doi.org/10/gcsmgr>.
- Park, K. (2021). South Korean antitrust regulator fines Google \$177M for abusing market dominance. *TechCrunch*. Available at: <https://social.techcrunch.com/2021/09/14/south-korean-antitrust-regulator-fines-google-177m-for-abusing-market-dominance/>(accessed December 8, 2021).
- Popp, D. (2019). Promoting Innovation for Low-Carbon Technologies (No. 2019–14), Policy Proposal. Washington D.C.: The Hamilton Project.
- Popp, D., R.D. Newell and A.B. Jaffe (2010). Energy, the environment, and technological change. In Hall, B.H. and N. Rosenberg (eds), *Economics of Innovation*. Amsterdam: Elsevier, 874–937.
- Regalado, A. (2020). A coronavirus vaccine will take at least 18 months — if it works at all. *MIT Technological Review*. Available at: <https://www.technologyreview.com/2020/03/10/916678/a-coronavirus-vaccine-will-take-at-least-18-months-if-it-works-at-all>.
- Rogge, K.S. and E. Dütschke (2018). What makes them believe in the low-carbon energy transition? Exploring corporate perceptions of the credibility of climate policy mixes. *Environmental Science and Policy*, 87, 74–84.
- Sampat, B. (2022). World War II and the Direction of Medical Innovation. WIPO Economic Research Working Paper Series, no. 70. Geneva: World Intellectual Property Organization.
- Scherer, F.M. (2011). Parallel R&D Paths Revisited. HKS Faculty Research Working Paper Series, no. RWP11–022. Boston: Harvard Kennedy School.
- Scheuber, A. (2020). COVID–19 vaccine secures new government investment. *Imperial College London News*. Available at: <https://www.imperial.ac.uk/news/197573/covid-19-vaccine-secures-government-investment> (accessed November 29, 2021).
- Schlake, T., A. Thess, M. Fotin-Mleczek and K.–J. Kallen (2012). Developing mRNA-vaccine technologies. *RNA Biology*, 9, 1319–1330. DOI: <https://doi.org/10/f4qzdb>.
- Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution: What it means and how to respond. *World Economic Forum*. Available at: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond> (accessed October 12, 2021).
- Shipman, M. (2021). Why mRNA won't replace other vaccine types just yet. *World Economic Forum*. Available at: <https://www.weforum.org/agenda/2021/09/why-mrna-wont-replace-other-vaccine-types-just-yet> (accessed December 2, 2021).
- Sigurdardottir, R. and A. Rath (2021). World's largest carbon-sucking plant starts making tiny dent in emissions. *Bloomberg.com*. Available at: <https://www.bloomberglia.com/2021/09/12/worlds-largest-carbon-sucking-plant-starts-making-tiny-dent-in-emissions>.
- Sohrabi, C., G. Mathew, T. Franchi, A. Kerwan, M. Griffin, J. Soleil C Del Mundo et al. (2021). Impact of the coronavirus (COVID–19) pandemic on scientific research and implications for clinical academic training — A review. *International Journal of Surgery*, 86, 57–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2020.12.008>.

- Sommer, L. (2021). What losing Build Back Better means for climate change. NPR. Available at: <https://www.ctpublic.org/2021-12-20/what-losing-build-back-better-means-for-climate-change>.
- Song, J. (2021). Google fined \$177m in South Korea for abusing market dominance. Financial Times. Available at: <https://www.ft.com/content/fbd758b2-9f99-4d60-a76b-82eeb5985542>.
- Taylor, M. (2020). Energy Subsidies: Evolution in the Global Energy Transformation to 2050. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. Available at: <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Energy-Subsidies-2020>.
- Trajtenberg, M. (2019). Artificial Intelligence as the Next GPT: A Political-Economy Perspective. In Agrawal, A., J. Gans and A. Goldfarb (eds), *The Economics of Artificial Intelligence*. University of Chicago Press, 175–186. DOI: <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226613475.003.0006>.
- Trajtenberg, M., I. Hamdan-Livramento and A. Daly. (2022). Harnessing digital-general purpose technology. Unpublished background research commissioned for the World Intellectual Property Report 2022. Geneva: World Intellectual Property Organization.
- UK BEIS (UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy) (2020). *UK Vaccine Taskforce 2020 Achievements and Future Strategy: End of Year Report*. London: UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy. Available at: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1027646/vtf-interim-report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1027646/vtf-interim-report.pdf).
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) (2019). *Competition Issues in the Digital Economy, Trade and Development Board*. Geneva: United Nations Conference on Trade and Development. Available at: [https://unctad.org/system/files/official-document/ciclpd54\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ciclpd54_en.pdf).
- Unruh, G.C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28, 817–830. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7).
- Vaishya, R., M. Javaid, I.H. Khan and A. Haleem (2020). Artificial Intelligence (AI) applications for COVID-19 pandemic. *Diabetes Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*, 14, 337–339. DOI: <https://doi.org/10/ggvccfp>.
- Varian, H.R. (2021). Seven deadly sins of tech? *Information Economics and Policy: Antitrust in the Digital Economy*, 54, 100893. DOI: <https://doi.org/10/ghc4t6>.
- Viscidi, L. (2021). Sustainable investment is flooding the market. *Foreign Policy*. Available at: <https://foreignpolicy.com/2021/06/11/sustainable-investment-is-flooding-the-market>.
- Wagner, S. and S. Wakeman (2016). What do patent-based measures tell us about product commercialization? Evidence from the pharmaceutical industry. *Research Policy*, 45, 1091–1102.
- Waller, S. (2009). The past, present, and future of monopolization remedies. *Antitrust Law Journal*, 76, 11–29.
- Wilke, M. (2011). Feed-in Tariffs for Renewable Energy and WTO Subsidy Rules: An Initial Legal Review (Issue Paper No. 4). ICTSD Programme on Trade and Environment. Geneva: International Centre for Trade and Sustainable Development.
- 产权组织 (世界知识产权组织) (2015年)。《2015年世界知识产权报告: 突破性创新与经济增长》。日内瓦: 世界知识产权组织。见[https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2015.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2015.pdf)。
- 产权组织 (2017年)。《2017年世界知识产权报告: 全球价值链中的无形资产》。日内瓦: 世界知识产权组织。见[https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2017.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2017.pdf)。
- 产权组织 (2019a)。《2019年世界知识产权报告: 创新版图: 地区热点, 全球网络》。日内瓦: 世界知识产权组织。见: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo\\_pub\\_944\\_2019.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_944_2019.pdf)。
- 产权组织 (2019b)。《2019年产权组织技术趋势—人工智能》。日内瓦: 世界知识产权组织。见: <https://www.wipo.int/publications/zh/details.jsp?id=4386>。
- Woolliscroft, J.O. (2020). Innovation in response to the COVID-19 pandemic crisis. *Academic Medicine*, 95(8), 1140–1142. DOI: <https://doi.org/10/ggrzjc>
- WTO and IRENA (World Trade Organization and International Renewable Energy Agency) (2021). *Trading into a Bright Energy Future: The Case for Open, High-quality Solar Photovoltaic Markets*. Geneva: World Trade Organization. Available at: [https://www.wto.org/english/res\\_e/publications\\_e/energyfuture2021\\_e.htm](https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/energyfuture2021_e.htm).
- Xue, Q.C. and L.L. Ouellette (forthcoming). Innovation policy and the market for vaccines. *Journal of Law and Biosciences*.
- Yilmazkuday, H. (forthcoming). Changes in consumption in the early COVID-19 era: Zip-code Level evidence from the U.S. *Journal of Risk and Financial Management*. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3658518>.

### 专利数据

本报告中使用的专利数据引自欧洲专利局全球专利统计数据库 (PATSTAT, 2021年10月) 和产权组织《专利合作条约》收集的数据。

主要分析单位是在一个或多个国家就保护同一发明提出的一组专利申请的首次申请。包含第一次和随后几次提交申请的每组专利申请被视为同族专利。

### 摸底调查战略

这两个案例研究 (数字通用技术和低碳技术) 的专利摸底调查战略均基于先前的研究和专家建议。每项战略都尽可能基于现有同等专利的摸底调查活动, 并与之进行比较。对这些的总结如下, 更多详细信息, 请见Noailly (2022年) 以及Trajtenberg, Hamdan-Livramento和Daly (2022年)。

摸底调查战略基于两种专利分类 (即国际专利分类和合作专利分类) 以及应用于PATSTAT数据的关键词。

### 数字通用技术

数字通用技术摸底调查基于以下子类别策略。

#### 人工智能和机器学习

IPC/CPC号: A61B 5/7264; A61B 5/7267; A63F 13/67; B23K 31/006; B25J 9/161; B29C 2945/76979; B29C 66/965; B29C 66/966; B60G 2600/1876; B60G 2600/1878; B60G 2600/1879; B60T 2210/122; B60T 8/174; B62D 15/0285; B65H 2557/38; F02D 41/1405; F03D 7/046; F05B 2270/707; F05B 2270/709; F16H 2061/0081; F16H 2061/0084; G01N 2201/1296; G01N 29/4481; G01N 33/0034; G01R 31/2846; G01R 31/2848; G01S 7/417; G05B 13/027; G05B 13/0275; G05B 13/028; G05B 13/0285; G05B 13/029; G05B 13/0295; G05B 2219/21002; G05B 2219/25255; G05B 2219/32193; G05B 2219/32335; G05B 2219/33002; G05B 2219/33013; G05B 2219/33014; G05B 2219/33021; G05B 2219/33024; G05B 2219/33025; G05B 2219/33027; G05B 2219/33029; G05B 2219/33033; G05B 2219/33035; G05B 2219/33039; G05B 2219/33041; G05B 2219/33044; G05B 2219/34066; G05B 2219/39284; G05B 2219/39286; G05B 2219/39292; G05B 2219/39385; G05B 23/024%; G05B 23/0251; G05B 23/0254; G05B 23/0281; G05D 1/0088; G06F 11/1476; G06F 11/2257; G06F 11/2263; G06F 16/243; G06F 16/3329; G06F 16/583; G06F 16/5838; G06F 16/5846; G06F 16/5854; G06F 16/5862; G06F 16/683; G06F 16/685; G06F 16/783%; G06F 16/7834; G06F 16/784%; G06F 16/785%; G06F 16/786; G06F 16/7864; G06F 2207/4824; G06K 7/1482; G06K 9/6269; G06K 9/6277; G06K 9/6278; G06K 9/6285; G06N 20%; G06N 3/004; G06N 3/006; G06N 3/008; G06N 3/02; G06N 3/04%; G06N 3/06%; G06N 3/08%; G06N 3/10%; G06T 2207/20081; G06T 2207/20084; G06T 3/4046; G06T 9/002; G08B 29/186; G10H 2250/151; G10H 2250/311; G10K 2210/3024; G10K 2210/3038; G10L 15/16; G10L 15/18%; G10L 15/1%; G10L 17/18; G10L 25/30; G10L 25/33; G11B 20/10518; G16B 40/20; G16B 40/30; G16C 20/70; H01J 2237/30427; H01M

8/04992; H02H 1/0092; H02P 21/0014; H02P 23/0018; H03H 2017/0208; H03H 2222/04; H04L 2012/5686; H04L 2025/03464; H04L 2025/03554; H04L 25/0254; H04L 25/03165; H04L 41/16; H04L 45/08; H04N 21/466%; H04Q 2213/054; H04Q 2213/13343; H04Q 2213/343; H04R 25/507; Y10S 128/924; Y10S 128/925; 或Y10S 706%。

IPC/CPC和关键词: (G01R 31/367; G06F%; G06F 16/245%; G06F 16/3334; G06F 16/3335; G06F 16/3337; G06F 16/35%; G06F 16/36%; G06F 16/374; G06F 16/435; G06F 16/436; G06F 16/437; G06F 17/16; G06F 17/2%; G06F 19%; G06K 9%; G06K 9/00973; G06K 9/46%; G06K 9/60%; G06N%; G06T%; G10L 15%; G10L 17%; G10L 21%; G10L 25%; G16B 40%; 或G16H 50%); 和 (neural network; \*supervis\*.\*learn\*; \*supervised\*.\*train\*; adaboost; adaptive learning; adaptive.\*boost\*; adversar\* network\*; ANN; artific\* intellig\*; auto.\*encod\*; autonom\* comput\*; autonomous learning; back.\*propagation\*; bayes\*.\*network\*; Bayesian learning; Bayesian model; blind signal separation; boosting algorithm; bootstrap aggregat\*; brownboost; chat.\*bot\*; classification algorithm; classification tree; cluster analysis; CNN; cognitiv\* comput\*; cognitive automation; cognitive modelling;collaborat\* filter\*; collision avoidance; computation\* intellig\*; computer vision; conceptual clustering; connectionis[mt];convnet[s]?; convolutional network; decision model\*; decision tree\*; deep forest; deep.\*belief net\*; deep.\*learning\*; dictionary learning; differential\*.\*evol\* algorithm\*; dimensional\*.\*reduc\*; emotion recognition; ensemble learn\*; evolution\* algorithm\*; evolution\* comput\*; expert system\*; extreme.\*lea rning.\*machine; factori[sz]ation machin\*; feature learning; fuzzy environment\*; fuzzy logic; fuzzy set; fuzzy system; fuzzy.\*c; fuzzy.\*logic\*; gaussian mixture model; gaussian process\*; generative adversarial net\*; genetic program\*; genetic\* algorithm\*; gradient boosting; gradient model boosting; gradient tree boos\*; Hebbian learning; hidden markov model; hierarchical cluster\*; high.\*dimensional\* data; high.\*dimensional\* feature\*; high.\*dimensional\* input\*; high.\*dimensional\* model\*; high.\*dimensional\*;space\*; high.\*dimensional\* system\*; hyperplane; independent component analysis; inductive\* logic\* program\*; inference \*learn\*; inference \*train\*; Instance.\*based learning; intelligent agent; intelligent classifier; intelligent geometric computing; intelligent infrastructure; intelligent machines; intelligent software agent; K-means; K-nearest neighbo[u]?r; latent dirichlet allocation\*; latent semantic analys\*; latent.\*variable\*; layered control system; learning{1,3}algorithm\*; learning.\*automata\*; learning\*.model\*; linear regression; link\* predict\*; logi\* regression; logic learning machine; logitboost; long.\*short.\*term

memory; LPboost; LSTM; machine intelligen\*; machine.\*learn\*; madaboost; Markov\* decision process; memetic algorithm\*; meta learning; multi agent system\*; multi task learning; multi.\*agent system\*; multi.\*layer perceptron\*; multi\* label\* classif\*; multi\*.\*objective\* algorithm\*; multi\*.\*objective\* optim\*; multinomial nave Bayes; natural language understanding; natural.\*l anguage\* generat\*; natural.\*language\* process\*; nearest neighbour algorithm; neural.\*turing; predic tive mode; probabilist{1,2}algorithm\*; probabilistic graphical model; random.\*forest\*; random\* gradient\*; rankboost; regression tree; reinforc\* learn\*; relational learning; rule.\*based learning; self organising map; self.\*learning\*; self.\*organising map; self.\*organising structure; similarity learning; simultaneous localisation mapping; single.\*linkage clustering; sparse represent\*; stacked.\*general i?ation; statistical relational learning; stochastic gradient descent; support.\*vector machine\*; support.\*vector regress\*; SVM; temporal difference learning; totalboost; training algorithm; transfer.\*learn\*; trust region policy optimization; variational inference; 或xgboost)。

## 自主系统

IPC/CPC号: A61B 34/32; A63B 2047/022; A63H 27/00; B25J 9/0003; B60C 25/185; B60K 2370/175; B60L 2260/32; B60T 2201/02%; B60W 2030%; B60W 2040%; B60W 2050%; B60W 2400%; B60W 2420%; B60W 2422%; B60W 2510%; B60W 2520%; B60W 2530%; B60W 2540%; B60W 2552%; B60W 2554%; B60W 2555%; B60W 2556%; B60W 2710/00; B60W 2720/00; B60W 275%; B60W 2900/00; B60W 30%; B60W 40%; B60W 50%; B60W60%; B61L 27%; B61L 27/04; B62D 15%; B62D 15/0255; B62D 15/026; B62D 15/0265; B62D 6%; B63B 2035/007; B63G 2008/002; B63G 2008/004; B64C 2201%; B64G 1/24%; B64G 2001/247; E02F 3%; E02F 3/3645; E02F 3/434; E02F 3/437; E02F 3/439; E02F 5%; E02F 9%; E02F 9/2041; E21B 44%; G01C 21%; G01C 22%; G05D 1%; G05D 1/0061; G05D 1/0088; G05D 13%; G05D 2201/0207; G05D 2201/0212; G05D 3%; G06K 9/00624; G06K 9/0079%; G06K 9/0080%; G06K 9/0081%; G06K 9/0082%; 或G08G%。

IPC/CPC和关键词: (A63H 27/00; B62D 15%; B64G 1/24%; E02F 3%; E02F 5%; E02F 9%; G01C 21%; G01C 22%; G05D 1%; G05D 13%; G05D 3%; G06K 9/00624; G06K 9/0079%; G06K 9/0080%; G06K 9/0081%; G06K 9/0082%; 或G08G%); 和 (self adapted cruise; self control; self guided; self guiding; self steering; UAV; 或unmanned aerial vehicle)。

## 大数据

IPC/CPC号: B60W 2556/05; G06F%; G06F 16%; G06F 16/2465; G06F 16/283; G06F 17/3%; G06F 2216/03; G06F 3%; G06F 30%; G06F 9/5072; G06Q%; 或G16B 50%。

IPC/CPC和关键词: (G06F%; G06F 16%; G06F 3%; G06F 30%; G06Q%; 或G16B 50%) ; 和 (Accumulo; Aster; big dat\*; Cassandra; crowd sourc\*; data fusion; data mine\*; data warehous\*; data mining\*; Datameer; DataStax; distributed database; distributed process\*; distributed quer\*; distributed server; elasticsearch; enormous data\*; FICO Blaze; Hadoop; HANA; hp veritca; huge data\*; informatic\*; kafka; large data\*; MapR educe; Marklogic; massive data\*; massively parallel database; massively parallel process\*; massively parallel software; nosql; open dat\*; Platfora; Splunk; Vertica; 或Yarn) 。

## 云计算

关键词: \*as-a-service; Aneka; cloud app\*; cloud architectur\*; cloud based; cloud based computing; cloud comput\*; cloud data\*; cloud infrastructure; cloud networking; cloud process\*; cloud securit\*; cloud serv\*; cloud software; cloud solution\*; cloud storage; cloud system\*; cloud technolog\*; cluster comput\*; concurrent comput\*; data portability; distrubuted comput\*; grid comput\*; hybrid cloud[s]?; Hyper-V; hypervisor\*; InterCloud; multi.?core; multitenan\*; parallel comput\*; parallel process\*; parallel software; private cloud; public cloud; service[.]?orient\*; utility comput\*; utility orient\*; virtualization; VMware; 或web service\*。

IPC/CPC和关键词: (G06F%) 和 (\*as-a-service; Aneka; cloud app\*; cloud architectur\*; cloud based; cloud based computing; cloud comput\*; cloud data\*; cloud infrastructure; cloud networking; cloud process\*; cloud securit\*; cloud serv\*; cloud software; cloud solution\*; cloud storage; cloud system\*; cloud technolog\*; cluster comput\*; concurrent comput\*; data portability; distrubuted comput\*; grid comput\*; hybrid cloud[s]?; Hyper-V; hypervisor\*; InterCloud; multi.?core; multitenan\*; parallel comput\*; parallel process\*; parallel software; private cloud; public cloud; service[.]?orient\*; utility comput\*; utility orient\*; virtualization; VMware; 或web service\*) 。

## 物联网

IPC/CPC号: G16Y%; H04L 29/06%; H04L 29/08%; H04W 4/70; H04W 72/04%; H04W 72/06%; H04W 72/08%; H04W 72/10; H04W 84/18; H04W 84/20; 或H04W 84/22。

IPC/CPC 和关键词: (H04B 7/26%; H04L 12/28%; 或H04W4%) ; 和 (ambient intelligence; connected\* device\*; device\* network\*; digital life; lIoT; industrial internet; internet of everything\*; internet of thing\*; IoT; M2M; machine-to-machine; network\* device\*; pervasive comput\*; smart device\*; smart dust; smart grid\*; smart home\*; smart meter\*; smart sensor\*; smarter planet; ubicomp; ubiquitous computing; virtual plant\*; 或web of thing\*) 。

## 机器人技术

IPC/CPC号: A47L 2201/00; A61B 2034/30%; A61B 34/30; A61B 34/30; A61B 34/37; A61F 2002/4632; A61F 2002/704; A61H 2201/1659; A61N 5/1083; A63H 11%; B01J 2219/00691; B07C 2501/0063; B25J 19/0029; B25J 19/0033; B25J 19/0037; B25J 19/0041; B25J 9/065; B29C 2945/76317; B29C 66/863; B32B 2038/1891; B60C 25/0587; B64G 2004/005; B65F 2230/14; B65H 2555/31; B67D 2007/0403; B67D 2007/0405; B67D 2007/0407; B67D 2007/0409; B67D 2007/041%; B67D 2007/042%; B67D 2007/043%; F16H 2061/0071; G01S 13/881; G05B 2219/39; G05B 2219/40%; G05B 2219/43119; G05B 2219/45058; G05B 2219/45059; G05B 2219/45061; G05B 2219/45062; G05B 2219/45064; G05B 2219/45065; G05B 2219/45066; G05B 2219/45068; G05B 2219/45073; G05B 2219/45074; G05B 2219/45079; G05B 2219/45081; G05B 2219/45082; G05B 2219/45083; G05B 2219/45084; G05B 2219/45085; G05B 2219/45086; G05B 2219/45087; G05B 2219/45088; G05B 2219/45089; G05B 2219/45091; G05B 2219/45092; G05D 2201/0217; H01H 2231/04; H04Q 1/147; Y10S 320/34; Y10S 700/90; 或 Y10S 901%。

IPC/CPC和关键词: (A63F 13/803; B23K 11/314; B23K 26/0884; B29C 70/38; B62D 57%; 或H01L 21%) ; 和 (cobot; mechatronic\*; robot; 或robotics) 。

## 低碳技术

低碳技术摸底调查基于以下子类别策略。

## 环境管理

IPC/CPC号: A23K 1/06; A23K 1/07; A23K 1/08; A23K 1/09; A23K 1/10; A43B 1/12; A43B 21/14; A61L 11/; B01D 46/; B01D 47/; B01D 49/; B01D 50/; B01D 51/; B01D 53/34; B01D 53/35; B01D 53/36; B01D 53/37; B01D 53/38; B01D 53/39; B01D 53/40; B01D 53/41; B01D 53/42; B01D 53/43; B01D 53/44; B01D 53/45; B01D 53/46; B01D 53/47; B01D 53/48; B01D 53/49; B01D 53/50; B01D 53/51; B01D 53/52; B01D 53/53;

B01D 53/54; B01D 53/55; B01D 53/56; B01D 53/57; B01D 53/58; B01D 53/59; B01D 53/60; B01D 53/61; B01D 53/62; B01D 53/63; B01D 53/64; B01D 53/65; B01D 53/66; B01D 53/67; B01D 53/68; B01D 53/69; B01D 53/70; B01D 53/71; B01D 53/72; B01D 53/92; B01D 53/94; B01D 53/96; B01J 23/38; B01J 23/39; B01J 23/40; B01J 23/41; B01J 23/42; B01J 23/43; B01J 23/44; B01J 23/45; B01J 23/46; B03B 9/06; B03C 3/; B09B; B09C; B22F 8/; B29B 7/66; B29B 17/; B30B 9/32; B62D 67/; B63B 35/32; B63J 4/; B65D 65/46; B65F; B65H 73/; C02F; C03B 1/02; C03C 6/02; C03C 6/08; C04B 7/24; C04B 7/25; C04B 7/26; C04B 7/27; C04B 7/28; C04B 7/29; C04B 7/30; C04B 11/26; C04B 18/04; C04B 18/05; C04B 18/06; C04B 18/07; C04B 18/08; C04B 18/09; C04B 18/10; C04B 33/13\*; C05F 1/; C05F 5/; C05F 7/; C05F 9/; C05F 17/; C08J 11/; C09K 3/32; C09K 11/01; C10G 1/10; C10L 5/46; C10L 5/47; C10L 5/48; C10L 10/02; C10L 10/06; C10M 175/; C21B 7/22; C21C 5/38; C22B 7/; C22B 19/28; C22B 19/29; C22B 19/30; C22B 25/06; D01G 11/; D21B 1/08; D21B 1/09; D21B 1/10; D21B 1/32; D21C 5/02; D21H 17/01; E01H 15/; E02B 15/04; E02B 15/05; E02B 15/06; E02B 15/07; E02B 15/08; E02B 15/09; E02B 15/10; E03C 1/12; E03F; F01M 13/02; F01M 13/03; F01M 13/04; F01N 3/; F01N 5/; F01N 7/; F01N 9/; F01N 11/; F01N 13/; F02B 47/06; F02B 47/08; F02B 47/09; F02B 47/10; F02D 21/06; F02D 21/07; F02D 21/08; F02D 21/09; F02D 21/10; F02D 41/; F02D 43/; F02D 45/; F02M 3/02; F02M 3/03; F02M 3/04; F02M 3/05; F02M 23/; F02M 25/; F02M 25/07; F02M 27/; F02M 31/02; F02M 31/03; F02M 31/04; F02M 31/05; F02M 31/06; F02M 31/07; F02M 31/08; F02M 31/09; F02M 31/10; F02M 31/11; F02M 31/12; F02M 31/13; F02M 31/14; F02M 31/15; F02M 31/16; F02M 31/17; F02M 31/18; F02P 5/; F23B 80/; F23C 9/; F23C 10/; F23G 5/; F23G 7/; F23G 7/06; F23J 15/; F27B 1/18; G01M 15/10; G08B 21/12; G08B 21/13; G08B 21/14; H01B 15/00; H01J 9/52; H01M 6/52; 或H01M 10/54。

### 水相关适应技术

IPC/CPC号: A01G 25/02; A01G 25/06; A01G 25/16; A47K 11/02; A47K 11/12; C12N 15/82\*; E03B 1/04; E03B 3/00; E03B 3/02; E03B 3/03; E03B 3/06; E03B 3/07; E03B 3/08; E03B 3/09; E03B 3/10; E03B 3/11; E03B 3/12; E03B 3/13; E03B 3/14; E03B 3/15; E03B 3/16; E03B 3/17; E03B 3/18; E03B 3/19; E03B 3/20; E03B 3/21; E03B 3/22; E03B 3/23; E03B 3/24; E03B 3/25; E03B 3/26; E03B 3/40; E03B 5/; E03B 9/; E03B 11/; E03C 1/08; E03D 1/14; E03D 3/12; E03D 5/01; E03D 13/00; F01D 11/; F01K 23/08; F01K 23/09; F01K 23/10; F16K 21/06; F16K 21/07; F16K 21/08; F16K 21/09; F16K 21/10; F16K 21/11; F16K 21/12; F16K 21/16; F16K 21/17; F16K 21/18; F16K

21/19; F16K 21/20; F16L 55/07; Y02B 40/46; 或 Y02B 40/56。

### 与能源生产、传输和分配有关的气候变化减缓技术

IPC/CPC号: Y02E; Y02E 10/; Y02E 10/10; Y02E 10/11; Y02E 10/12; Y02E 10/13; Y02E 10/14; Y02E 10/15; Y02E 10/16; Y02E 10/17; Y02E 10/18; Y02E 10/20; Y02E 10/21; Y02E 10/22; Y02E 10/23; Y02E 10/24; Y02E 10/25; Y02E 10/26; Y02E 10/27; Y02E 10/28; Y02E 10/30; Y02E 10/31; Y02E 10/32; Y02E 10/33; Y02E 10/34; Y02E 10/35; Y02E 10/36; Y02E 10/37; Y02E 10/38; Y02E 10/40; Y02E 10/41; Y02E 10/42; Y02E 10/43; Y02E 10/44; Y02E 10/45; Y02E 10/46; Y02E 10/47; Y02E 10/50; Y02E 10/51; Y02E 10/52; Y02E 10/53; Y02E 10/54; Y02E 10/55; Y02E 10/56; Y02E 10/57; Y02E 10/58; Y02E 10/60; Y02E 10/70; Y02E 10/71; Y02E 10/72; Y02E 10/73; Y02E 10/74; Y02E 10/75; Y02E 10/76; Y02E 20/; Y02E 20/10; Y02E 20/11; Y02E 20/12; Y02E 20/13; Y02E 20/14; Y02E 20/15; Y02E 20/16; Y02E 20/17; Y02E 20/18; Y02E 20/18\*; Y02E 20/30; Y02E 20/31; Y02E 20/32; Y02E 20/33; Y02E 20/34; Y02E 20/35; Y02E 20/36; Y02E 30/; Y02E 30/10; Y02E 30/11; Y02E 30/12; Y02E 30/13; Y02E 30/14; Y02E 30/15; Y02E 30/16; Y02E 30/17; Y02E 30/18; Y02E 30/30; Y02E 30/31; Y02E 30/32; Y02E 30/33; Y02E 30/34; Y02E 30/35; Y02E 30/36; Y02E 30/37; Y02E 30/38; Y02E 30/39; Y02E 30/40; Y02E 40/; Y02E 40/10; Y02E 40/11; Y02E 40/12; Y02E 40/13; Y02E 40/14; Y02E 40/15; Y02E 40/16; Y02E 40/17; Y02E 40/18; Y02E 40/20; Y02E 40/21; Y02E 40/22; Y02E 40/23; Y02E 40/24; Y02E 40/25; Y02E 40/26; Y02E 40/30; Y02E 40/31; Y02E 40/32; Y02E 40/33; Y02E 40/34; Y02E 40/40; Y02E 40/50; Y02E 40/60; Y02E 40/61; Y02E 40/62; Y02E 40/63; Y02E 40/64; Y02E 40/65; Y02E 40/66; Y02E 40/67; Y02E 40/68; Y02E 40/69; Y02E 40/70; Y02E 50/; Y02E 50/10; Y02E 50/11; Y02E 50/12; Y02E 50/13; Y02E 50/14; Y02E 50/15; Y02E 50/16; Y02E 50/17; Y02E 50/18; Y02E 50/30; Y02E 50/31; Y02E 50/32; Y02E 50/33; Y02E 50/34; Y02E 60/; Y02E 60/10; Y02E 60/11; Y02E 60/12; Y02E 60/13; Y02E 60/14; Y02E 60/15; Y02E 60/16; Y02E 60/17; Y02E 60/30; Y02E 60/31; Y02E 60/32; Y02E 60/33; Y02E 60/34; Y02E 60/35; Y02E 60/36; Y02E 60/50; Y02E 60/51; Y02E 60/52; Y02E 60/53; Y02E 60/54; Y02E 60/55; Y02E 60/56; Y02E 60/70; Y02E 60/71; Y02E 60/72; Y02E 60/73; Y02E 60/74; Y02E 60/75; Y02E 60/76; Y02E 60/77; Y02E 60/78; 或Y02E 70/。

### 温室气体的捕获、储存、封存或处置

IPC/CPC symbols: Y02C; Y02C 10/; Y02C 10/00; Y02C 10/01; Y02C 10/02; Y02C 10/03; Y02C 10/04; Y02C 10/05; Y02C 10/06; Y02C 10/07; Y02C 10/08; Y02C 10/09; Y02C 10/10; Y02C 10/11; Y02C 10/12;



20/19; Y02B 20/20; Y02B 20/21; Y02B 20/22; Y02B 20/23; Y02B 20/24; Y02B 20/25; Y02B 20/26; Y02B 20/27; Y02B 20/28; Y02B 20/29; Y02B 20/30; Y02B 20/31; Y02B 20/32; Y02B 20/33; Y02B 20/34; Y02B 20/35; Y02B 20/36; Y02B 20/37; Y02B 20/38; Y02B 20/39; Y02B 20/40; Y02B 20/41; Y02B 20/42; Y02B 20/43; Y02B 20/44; Y02B 20/45; Y02B 20/46; Y02B 20/47; Y02B 20/48; Y02B 20/49; Y02B 20/50; Y02B 20/51; Y02B 20/52; Y02B 20/53; Y02B 20/54; Y02B 20/55; Y02B 20/56; Y02B 20/57; Y02B 20/58; Y02B 20/59; Y02B 20/60; Y02B 20/61; Y02B 20/62; Y02B 20/63; Y02B 20/64; Y02B 20/65; Y02B 20/66; Y02B 20/67; Y02B 20/68; Y02B 20/69; Y02B 20/70; Y02B 20/71; Y02B 20/72; Y02B 0/; Y02B 30/00; Y02B 30/01; Y02B 30/02; Y02B 30/03; Y02B 30/04; Y02B 30/05; Y02B 30/06; Y02B 30/07; Y02B 30/08; Y02B 30/09; Y02B 30/10; Y02B 30/11; Y02B 30/12; Y02B 30/13; Y02B 30/14; Y02B 30/15; Y02B 30/16; Y02B 30/17; Y02B 30/18; Y02B 30/19; Y02B 30/20; Y02B 30/21; Y02B 30/22; Y02B 30/23; Y02B 30/24; Y02B 30/25; Y02B 30/26; Y02B 30/27; Y02B 30/28; Y02B 30/29; Y02B 30/30; Y02B 30/31; Y02B 30/32; Y02B 30/33; Y02B 30/34; Y02B 30/35; Y02B 30/36; Y02B 30/37; Y02B 30/38; Y02B 30/39; Y02B 30/40; Y02B 30/41; Y02B 30/42; Y02B 30/43; Y02B 30/44; Y02B 30/45; Y02B 30/46; Y02B 30/47; Y02B 30/48; Y02B 30/49; Y02B 30/50; Y02B 30/51; Y02B 30/52; Y02B 30/53; Y02B 30/54; Y02B 30/55; Y02B 30/56; Y02B 30/57; Y02B 30/58; Y02B 30/59; Y02B 30/60; Y02B 30/61; Y02B 30/62; Y02B 30/63; Y02B 30/64; Y02B 30/65; Y02B 30/66; Y02B 30/67; Y02B 30/68; Y02B 30/69; Y02B 30/70; Y02B 30/71; Y02B 30/72; Y02B 30/73; Y02B 30/74; Y02B 30/75; Y02B 30/76; Y02B 30/77; Y02B 30/78; Y02B 30/79; Y02B 30/80; Y02B 30/81; Y02B 30/82; Y02B 30/83; Y02B 30/84; Y02B 30/85; Y02B 30/86; Y02B 30/87; Y02B 30/88; Y02B 30/89; Y02B 30/90; Y02B 30/91; Y02B 30/92; Y02B 30/93; Y02B 30/94; Y02B 40/; Y02B 40/00; Y02B 40/01; Y02B 40/02; Y02B 40/03; Y02B 40/04; Y02B 40/05; Y02B 40/06; Y02B 40/07; Y02B 40/08; Y02B 40/09; Y02B 40/10; Y02B 40/11; Y02B 40/12; Y02B 40/13; Y02B 40/14; Y02B 40/15; Y02B 40/16; Y02B 40/17; Y02B 40/18; Y02B 40/19; Y02B 40/20; Y02B 40/21; Y02B 40/22; Y02B 40/23; Y02B 40/24; Y02B 40/25; Y02B 40/26; Y02B 40/27; Y02B 40/28; Y02B 40/29; Y02B 40/30; Y02B 40/31; Y02B 40/32; Y02B 40/33; Y02B 40/34; Y02B 40/35; Y02B 40/36; Y02B 40/37; Y02B 40/38; Y02B 40/39; Y02B 40/40; Y02B 40/41; Y02B 40/42; Y02B 40/43; Y02B 40/44; Y02B 40/45; Y02B 40/47; Y02B 40/48; Y02B 40/49; Y02B 40/50; Y02B 40/51; Y02B 40/52; Y02B 40/53; Y02B 40/54; Y02B 40/55; Y02B 40/57; Y02B 40/58; Y02B 40/59; Y02B 40/60; Y02B 40/61; Y02B 40/62; Y02B 40/63; Y02B 40/64; Y02B 40/65; Y02B 40/66; Y02B 40/67; Y02B 40/68; Y02B 40/69; Y02B 40/70; Y02B 40/71; Y02B 40/72; Y02B 40/73; Y02B 40/74; Y02B 40/75; Y02B 40/76; Y02B 40/77; Y02B 40/78; Y02B 40/79; Y02B 40/80; Y02B 40/81; Y02B 40/82; Y02B 40/83; Y02B 40/84; Y02B 40/85; Y02B 40/86; Y02B 40/87; Y02B 40/88; Y02B 40/89; Y02B 40/90; Y02B 50/; Y02B 50/00; Y02B 50/01; Y02B 50/02; Y02B 50/03; Y02B 50/04; Y02B 50/05; Y02B 50/06; Y02B 50/07; Y02B 50/08; Y02B 50/09; Y02B 50/10; Y02B 50/11; Y02B 50/12; Y02B 50/13; Y02B 50/14; Y02B 50/15; Y02B 50/16; Y02B 50/17; Y02B 50/18; Y02B 50/19; Y02B 50/20; Y02B 50/21; Y02B 50/22; Y02B 50/23; Y02B 50/24; Y02B 60/; Y02B 60/00; Y02B 60/01; Y02B 60/02; Y02B 60/03; Y02B 60/04; Y02B 60/05; Y02B 60/06; Y02B 60/07; Y02B 60/08; Y02B 60/09; Y02B 60/10; Y02B 60/11; Y02B 60/12; Y02B 60/13; Y02B 60/14; Y02B 60/15; Y02B 60/16; Y02B 60/17; Y02B 60/18; Y02B 60/19; Y02B 60/20; Y02B 60/21; Y02B 60/22; Y02B 60/23; Y02B 60/24; Y02B 60/25; Y02B 60/26; Y02B 60/27; Y02B 60/28; Y02B 60/29; Y02B 60/30; Y02B 60/31; Y02B 60/32; Y02B 60/33; Y02B 60/34; Y02B 60/35; Y02B 60/36; Y02B 60/37; Y02B 60/38; Y02B 60/39; Y02B 60/40; Y02B 60/41; Y02B 60/42; Y02B 60/43; Y02B 60/44; Y02B 60/45; Y02B 60/46; Y02B 60/47; Y02B 60/48; Y02B 60/49; Y02B 60/50; Y02B 70/; Y02B 70/00; Y02B 70/01; Y02B 70/02; Y02B 70/03; Y02B 70/04; Y02B 70/05; Y02B 70/06; Y02B 70/07; Y02B 70/08; Y02B 70/09; Y02B 70/10; Y02B 70/11; Y02B 70/12; Y02B 70/13; Y02B 70/14; Y02B 70/15; Y02B 70/16; Y02B 70/17; Y02B 70/18; Y02B 70/19; Y02B 70/20; Y02B 70/21; Y02B 70/22; Y02B 70/23; Y02B 70/24; Y02B 70/25; Y02B 70/26; Y02B 70/27; Y02B 70/28; Y02B 70/29; Y02B 70/30; Y02B 70/31; Y02B 70/32; Y02B 70/33; Y02B 70/34; Y02B 80/; Y02B 80/00; Y02B 80/01; Y02B 80/02; Y02B 80/03; Y02B 80/04; Y02B 80/05; Y02B 80/06; Y02B 80/07; Y02B 80/08; Y02B 80/09; Y02B 80/10; Y02B 80/11; Y02B 80/12; Y02B 80/13; Y02B 80/14; Y02B 80/15; Y02B 80/16; Y02B 80/17; Y02B 80/18; Y02B 80/19; Y02B 80/20; Y02B 80/21; Y02B 80/22; Y02B 80/23; Y02B 80/24; Y02B 80/25; Y02B 80/26; Y02B 80/27; Y02B 80/28; Y02B 80/29; Y02B 80/30; Y02B 80/31; Y02B 80/32; Y02B 80/33; Y02B 80/34; Y02B 80/35; Y02B 80/36; Y02B 80/37; Y02B 80/38; Y02B 80/39; Y02B 80/40; Y02B 80/41; Y02B 80/42; Y02B 80/43; Y02B 80/44; Y02B 80/45; Y02B 80/46; Y02B 80/47; Y02B 80/48; Y02B 80/49; Y02B 80/50; Y02B 90/; Y02B 90/00; Y02B 90/01; Y02B 90/02; Y02B 90/03; Y02B 90/04; Y02B 90/05; Y02B 90/06; Y02B 90/07; Y02B 90/08; Y02B 90/09; Y02B 90/10; Y02B 90/11; Y02B 90/12; Y02B 90/13; Y02B 90/14; Y02B 90/15; Y02B 90/16; Y02B 90/17; Y02B 90/18; Y02B 90/19; Y02B 90/20; Y02B 90/21; Y02B 90/22; Y02B 90/23; Y02B 90/24; Y02B 90/25; 或Y02B 90/26。

## 汽车行业

## 绿色专利

B60L 11; B60L 3; B60L 15; B60K 1; B60W 10/08; B60W 10/24; B60W 10/26; B60K 6; B60W 20;

B60L 7/01; B60L 7/20; B60W 10/28; B60L 11/18;  
H01M 8。

### 灰色专利

F02M 3/02-05; F02M 23; F02M 25; F02D 41; F02B  
47/06; F02M 39-71。

### 污染专利

F02B; F02M; F02D; F02F; F02N; F02P。

## 缩略语

AGC	阿波罗制导计算机	OWS	曲速行动（2021年更名为“对策加速小组”）
AI	人工智能	PNT	定位、导航和授时数据
AMC	预先市场承诺	PV	光伏
AV	自动驾驶车辆	R&D	研发
CalTech	加州理工学院	RPS	放射性同位素动力系统
CCD	电荷耦合器件	SARS-CoV-2	严重急性呼吸综合征冠状病毒2
CEPI	流行病防范创新联盟	SME	中小型企业
CFRP	碳纤维及碳纤维增强塑料	SMS	短信服务
CMR	医学研究委员会	U.K.	英国
COVID	2019冠状病毒病	UNFCCC	《联合国气候变化框架公约》
CO <sub>2</sub>	二氧化碳	U.S.	美利坚合众国
DARPA	美国国防高级研究计划局	USPTO	美国专利商标局
DoD	美国国防部	VTF	疫苗工作组
DoE	美国能源部	WPB	战时生产委员会
D-RAM	动态随机存取存储器		
ESA	欧洲航天局		
ESG	环境、社会和治理		
EU	欧盟		
EV	电动汽车		
FDA	美国食品和药物管理局		
FRAND	公平、合理和无歧视		
GDP	国内生产总值		
GRI	政府研究机构		
ICAO	国际民用航空组织		
ICT	信息与通信技术		
IEA	国际能源署		
IoT	物联网		
IP	知识产权		
IPR	知识产权		
IRENA	国际可再生能源署		
IT	信息技术		
JPL	喷气推进实验室		
MIT	麻省理工学院		
mRNA	信使核糖核酸		
NASA	美国国家航空航天局		
NGO	非政府组织		
NIH	美国国家卫生研究院		
NRC	国家研究委员会		
NRRL	北方地区研究实验室		
NSF	国家科学基金会		
OBM	原始品牌制造商		
ODM	原始设计制造商		
OECD	经济合作与发展组织		
OEM	原始设备制造商		
ORS	科学研究与发展局		



世界知识产权组织  
World Intellectual Property Organization  
34, chemin des Colombettes  
P.O. Box 18  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland (瑞士)

Tel: +41 22 338 91 11  
Fax: +41 22 733 54 28

产权组织驻外办事处联系方式请见：  
[www.wipo.int/about-wipo/zh/offices](http://www.wipo.int/about-wipo/zh/offices)

产权组织第944C/22号出版物  
ISBN: 978-92-805-3391-0 (印刷版)  
ISBN: 978-92-805-3392-7 (网络版)  
ISSN: 2790-9883 (印刷版)  
ISSN: 2790-9891 (网络版)