



区域创新模式选择的 理论方法与实证研究

Theoretical and Empirical Research on Regional
Innovation Model Selection

玄兆辉 ● 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

T06
4021

区域创新模式选择的理论方法与实证研究

Theoretical and Empirical Research on Regional Innovation
Model Selection

玄兆辉 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

区域创新模式选择的理论方法与实证研究 / 玄兆辉著. —北京: 科学技术文献出版社, 2016. 4 (2016. 8重印)

ISBN 978-7-5189-1130-1

I. ①区… II. ①玄… III. ①区域经济—国家创新系统—研究 IV. ①F061.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 053381 号

区域创新模式选择的理论方法与实证研究

策划编辑: 李蕊 责任编辑: 丁芳宇 李蕊 责任校对: 赵媛 责任出版: 张志平

出 版 者	科学技术文献出版社
地 址	北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部	(010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部	(010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部	(010) 58882873
官 方 网 址	www.stdp.com.cn
发 行 者	科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者	北京教图印刷有限公司
版 次	2016 年 4 月第 1 版 2016 年 8 月第 2 次印刷
开 本	650×950 1/16
字 数	131千
印 张	9.75
书 号	ISBN 978-7-5189-1130-1
定 价	38.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

区域创新受所在区域的自然条件、社会历史条件、经济发展水平和技术积累水平的制约，其创新活动必然会有不同的起点、内容和途径。任何一个区域的创新模式都是在一定的约束条件下的模式，而成功的模式必定是既适合自身实际而又顺应时代趋势的发展模式，创新的方式和路径也有着显著差别，探索合适的创新模式对于区域发展具有重要意义。本书通过解读区域创新现象，深入分析影响区域创新模式的各种因素，发现区域创新的优势与存在问题；通过对区域创新规律的研究，为区域创新模式选择提供依据和基础；通过对世界主要经济体和我国各省份创新活动的研究，为区域的创新模式选择提供引导和借鉴。主要研究工作如下：

本书对区域创新模式的研究现状和相关理论方法进行了梳理，界定了区域创新的内容和基本要素，认为区域创新模式是基于区域资源禀赋，综合考虑区域创新时空发展特征，实现创新目标的方式与途径。从“创新模式及选择”、“创新模式影响因素”、“主体因素”及“区域创新环境”四个方面构建了区域创新模式分析框架，为区域创新模式研究提供了方法思路和分析基础。

针对区域创新在时间维度的特征分析，提出用区域经济发展水平、区域创新强度、区域创新强度增长率来表征区域创新的时间演化特征。分析表明区域创新强度随区域经济发展水平的提高呈对数增长，而区域创新强度增速随区域创新强度的提高呈对数下降。为定量分析区域创新在时间维度的特征，构建了区域创新时间演化特征的综合评价模型。

揭示了区域创新空间演化的实质是创新活动的空间状态转移，包含区域内部的创新集聚和区域间的创新溢出。利用世界典型国家



和区域数据归纳了区域创新空间集聚与区域创新水平的 U 形曲线演变特征以及区域创新空间溢出机制,综合两方面内容构建了包括区内集聚与区际溢出的区域创新空间演变综合测度模型。

构建了包括人力资源、财力资源、物力资源和信息资源的区域创新资源要素指数测度模型。在区域创新时间演变和空间演变特征分析的基础上,建立了基于时间—空间—资源的区域创新模式选择三维模型。根据创新综合评价指数,将区域创新分为内生创新模式、内生输入创新模式、平衡创新模式、输入内生创新模式和输入创新模式。根据投入主体在区域创新中的主导关系,将区域创新划分为三种主导类型,即政府主导、企业主导及政府企业双主导,构建了二元区域创新模式分类体系。

运用三维综合指数和主导类型判断方法,对我国各地区的区域创新特征及模式选择进行了实证研究。结果表明,我国 31 个地区的区域创新模式分别为:政府主导下的内生创新、平衡创新和输入创新模式;企业主导下的内生输入创新、平衡创新和输入内生创新模式;政府企业双主导下的输入内生创新模式。并针对不同地区的创新发展问题提出了相关对策建议。

第一章 绪 论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	6
1.3 研究内容	14
1.4 主要创新点	15
1.5 小结	17
第二章 区域创新研究基础理论	18
2.1 创新理论	18
2.2 区域经济理论	24
2.3 演化经济学理论	27
2.4 系统分析理论与方法	29
2.5 小结	39
第三章 区域创新模式系统分析	40
3.1 区域创新模式的内涵	40
3.2 区域创新模式分析框架	47
3.3 区域创新资源分析	53
3.4 区域创新主体与环境分析	55
3.5 小结	63
第四章 基于时间维度的区域创新演变分析	64
4.1 区域创新时间演进的特征分析	64
4.2 区域创新经济基础的时间演变	66



4.3	区域创新强度的时间演化.....	68
4.4	区域创新强度的演进速度.....	72
4.5	区域创新时间演变综合评价.....	77
4.6	小结.....	78
第五章	基于空间集聚与溢出的区域创新特征分析	79
5.1	区域创新空间演化状态转移分析.....	79
5.2	区域创新的空间集聚.....	80
5.3	区域创新的空间溢出.....	87
5.4	区域创新空间演变综合评价.....	92
5.5	小结.....	93
第六章	区域创新模式选择研究.....	95
6.1	创新资源要素指数测度模型.....	95
6.2	基于时间—空间—资源的区域创新模式选择三维模型....	98
6.3	考虑创新投入主体演变的区域创新模式选择.....	100
6.4	小结.....	105
第七章	中国区域创新模式选择实证研究	106
7.1	区域创新资源维度指数评价.....	106
7.2	区域创新时间维度指数评价.....	114
7.3	区域创新空间维度指数评价.....	118
7.4	区域创新模式选择与分析.....	122
7.5	小结.....	130
第八章	结论与展望.....	131
8.1	主要结论.....	131
8.2	研究展望.....	132
参考文献		134
后 记		147

图表目录

图 2-1	霍尔三维结构体系	33
图 2-2	软系统方法论研究流程图	35
图 3-1	区域创新模式分析框架	48
图 4-1	美国爱荷华州区域经济与创新能力变化示意图	69
图 4-2	区域人均 GDP 与创新强度关系	71
图 4-3	区域创新进程与创新阶段的关系	75
图 5-1	23 个 OECD 国家的创新能力与空间集聚度关系分布	85
图 6-1	区域创新模式选择三维模型示意图	98
图 6-2	1981—2012 年美英德法日韩 R&D 经费投入的政府占比 ...	101
表 1-1	我国 6 个地区《世界知识竞争力指数》排序情况	3
表 3-1	世界经济论坛经济发展阶段界定及地区构成	43
表 4-1	世界经济论坛对国家经济发展阶段的划分	67
表 4-2	各经济发展阶段的创新强度数据分析结果	70
表 4-3	各创新强度阶段的创新强度增长率分析结果	73
表 4-4	指标权重的专家打分结果	78
表 5-1	23 个 OECD 国家的创新投入强度与区域创新首位比	83
表 5-2	23 个 OECD 国家的空间集聚评价值	86
表 5-3	φ_1 与 φ_2 专家评价指标权重的专家打分结果	93
表 6-1	区域创新资源要素指标体系	95
表 6-2	区域创新资源要素目标层判断矩阵	96
表 6-3	区域人力资源要素判断矩阵	96
表 6-4	区域财力资源要素判断矩阵	97
表 6-5	区域物力资源要素判断矩阵	97



表 6-6	区域信息资源要素判断矩阵	97
表 6-7	综合评价分类标准表	99
表 6-8	区域创新模式分类表	102
表 7-1	我国 31 个省级地区区域创新资源要素基础指标数据	107
表 7-2	我国 31 个省级地区创新资源要素指标评价值	110
表 7-3	我国 31 个省级地区 2012 年区域创新资源要素维度指数 ...	113
表 7-4	我国 31 个省级地区人均 GDP 和 R&D/GDP	114
表 7-5	我国 31 个省级地区时间维度各指标评价结果	116
表 7-6	基础数据及区域创新首位比计算结果	118
表 7-7	2012 年全国技术市场交易合同金额地区分布	120
表 7-8	我国 31 个省级地区空间维度指数	121
表 7-9	区域创新综合指数测算结果	123
表 7-10	区域创新投入主体结构特征	124
表 7-11	我国 31 个省级地区创新模式分类	126

第一章 绪 论

国家竞争力的提升有赖于其各组成区域的经济繁荣。作为经济单元的区域，只有通过整合各种相关要素、提高自身的创新能力，才能获得持续发展的动力和源泉。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》明确提出“建设各具特色和优势的区域创新体系”。我国各地区经济社会发展十分不平衡，创新驱动发展的路径和方向也必然迥异，正如硅谷不可复制一样，区域的多样性也意味着不存在无条件的普适创新模式。各地区只有依据自身的特点、借鉴发达经济区域的经验教训、顺应世界科技发展的潮流，才能走出一条适合自身的创新之路。

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

20 世纪 90 年代以来，科学技术的发展使经济全球化趋势进一步加强，社会分工得以在更大的范围内进行，资金、技术等生产要素可以在国际社会流动和优化配置，由此可以带来巨大的分工利益，推动人类生产力的发展。与此同时，世界范围内产业群中企业相互作用开始地区化；跨国公司的商品生产不断碎片化，从研发、制造、营销、售后到循环利用的各个环节去寻求拥有竞争优势的区域产业群；新的世界分工不再以国家，而是按区域的竞争力来进行；一些地区，比如硅谷、巴登 - 符腾堡、华尔街等被认为比某些国家更加具有经济意义。由此造成与经济全球化并行不悖的经济区域化特征日趋明显，也使区域创新能力日益成为地区经济获取国际竞争优势的决定性因素。

区域创新体系的形成通常是以产业集群为基础逐渐演变而来。



产业集群作为一个创造、扩散和应用知识的体系，最早由英国经济学家阿尔弗雷德·马歇尔（Alfred Marshall）提出^[1, 2]。后来的学者注意到，产业在一个区域内的“扎堆”可形成集聚效应，原因在于：首先，生产商的集聚有利于当地供应商的专业化，进而产生外部规模经济效应；其次，厂商的地理集聚有利于专业技能的产生；第三，有利于知识的溢出；第四，有利于降低交易成本，促进创新^[3]。

世界范围内的国家创新体系研究热潮的兴起，也自然会使人们以相似的目光来关注区域经济体，所以，可以把区域创新体系研究视为国家创新体系研究的延伸和发展。英国经济学家菲利普·库克（Philip Cooke）认为，区域创新体系这一概念源自演化经济学，其主要强调的是在面临经济问题的社会互动中企业经理不断进行学习和改革而进行的选择，最终形成企业的发展轨道，这种互动超越了企业自身，它涉及教育部门、研究所、大学、金融部门等，当在一个区域内这些机构部门的频繁互动，那么就意味着区域创新体系的形成。

2012年我国人均GDP达到6100美元，进入中等收入的发展中国家行列。国际经验表明，这一阶段快速发展中积聚的矛盾容易集中爆发，自身体制与机制的更新进入临界，开始出现经济增长乏力、社会矛盾加剧、资源环境压力骤增等问题。从日韩等国的经验看，依靠科技创新实现经济转型和可持续增长是避免陷入中等收入陷阱（Middle Income Trap）的根本途径^[4]。为此，我国政府先后提出了自主创新、建设创新型国家、创新驱动发展等战略。与此同时，各地区也相应提出类似的目标和战略。然而，当前我国各地创新能力相差很大，一些沿海发达地区已经走出了创新驱动经济发展的特色之路，例如，根据《中国区域创新能力报告2013》，北京、上海、江苏、广东、天津五省市已经进入创新驱动发展阶段，而中西部地区创新能力还相对落后。即便是已进入创新驱动发展阶段的省份，其创新能力较之于世界发达地区仍有较大差距^[5]。作为全球三大竞争力报告之一的《世界知识竞争力指数》（WKCI）显示，在报告中的125个地区中，北京一直位居百名之外^[6]（见表1-1）。在上

海市科委发布的《2014 亚太知识竞争力指数》报告对亚太 33 个地区的排名中,我国只有上海和北京进入前十,分列第六、第八位^[7]。

表 1-1 我国 6 个地区《世界知识竞争力指数》排序情况 (排序 / 指数)

Table 1-1 Ranking of World Knowledge Competitiveness Index in China's six regions (rank/index)

地区	2003	2004	2005
北京	120/38.0	117/27.4	119/27.7
上海	121/36.4	119/17.5	112/40.2
天津	122/25.8	121/10.3	122/15.7
珠三角	85/74.8	118/23.8	115/32.9
香港	102/61.4	106/52.2	118/27.7
台湾	102/57.4	102/57.4	99/61.3

造成这种结果的原因固然很多,但未能找到适合本地区创新发展的方式和路径,却是最根本的问题所在。

1.1.2 研究目的与意义

不同的国家、区域在政治、经济、文化等环境有显著不同,创新的方式和路径也有显著差别,探索合适的创新模式对于区域发展有重要意义。

区域创新的实质是通过体系内各创新主体的互动,推动地区创新资源的流动、技术扩散和产业群的活动,从而使区域内部的企业不断采用新工艺、新技术,开发出新产品并取得相应的经济回报,进而促进区域经济发展。区域创新受所在区域的自然条件、社会历史条件、经济发展水平和技术积累水平的制约,各区域的经济发要素各具特色,其创新活动必然会有不同的起点、内容和途径,因而,区域创新系统具有鲜明的多样性特征。任何一个区域的创新模式都是在一定约束条件下的模式,而成功的模式必定是既适合自身实际而又顺应时代趋势的发展模式。

区域创新模式主要研究区域创新发展方式的选择。不同的地区



应首先立足于自身的资源条件、产业基础和经济发展阶段，在可能的区域发展路径中寻求最适合的创新发展模式。区域创新模式不是墨守成规的教条，它会随着研究区域的不同而不同，随着区域发展阶段的不同而相应调整。区域创新模式是一个动态的概念。从这个角度看，对区域创新模式的研究，无论是从特定区域的研究考虑，还是从整体考察区域间的差异考虑，都应该着重研究确定区域创新模式标准的选择，从而构建出一套区域创新模式的集合。区域创新模式不是绝对的，不同的地区以及同一地区的不同发展阶段，都应根据自身特点选择适合的区域创新模式。

（1）研究目的

任何创新活动都可视为相关要素在特定时空的展开。在经济社会平稳发展的情况下，随着人均 GDP 的持续增长，全社会对研发活动的投入强度会不断增强，创新活动在时间上表现出很强的累积效应；从空间角度看，任何创新都是在特定区域的有组织活动，而非在空间上的匀质分布，从而表现出集聚性的特点，这就意味着不同区域间必然存在着知识上的势差，使区域间知识的溢出和吸纳成为常态。于是，对于我国条件迥异的不同地区，R&D 强度多大方为合适？政府和企业谁来主导？创新活动的各环节如何协调？怎样促进知识在区域间的流动？就成为区域创新活动无法回避的现实问题，也是本书研究的核心所在。

作者长期从事科技统计与科技指标研究工作，对区域间创新能力的差异性有着丰富的感性认识，但同时又困惑于区域间创新战略的趋同性，本书基于自己多年对这一矛盾的思考，它既是自己以往工作总结的一个升华，也会对以后的工作产生指导作用。

希望通过对区域创新模式的研究，能够实现以下目的：

1) 发现规律。区域创新模式问题被许多学者所关注，但多限于技术创新模式的探讨。从区域创新的本意出发，探索区域创新的时间和空间演化规律，这些规律可以作为区域创新模式选择的重要依据和基础，但目前还鲜有量化的研究。在时间、空间演化规律以及自身创新要素条件的共同作用下，区域创新模式也会发生转换，



这种转换的条件和手段也值得深入研究。作者力图从区域以及区域之间的相关比较和相互关系中探讨创新规律。

2) 现象解读。在现实的区域发展中,各个区域的创新活动纷繁复杂。以往的研究多选择点状个案、由果溯因的分析方式,而我国各地区差异很大,容易出现以偏概全的情况,从而缺乏对区域多样性的归纳总结。作者通过对世界主要经济体和我国 31 个省份的创新状态研究,为全面解读区域创新现象提供分析框架,发现现象背后的原因所在,从而发现区域创新的优势与存在的问题,找到适合自身的区域创新模式。

3) 指导实践。随着我国自主创新战略和建设创新型国家发展目标的提出,各地区都制定了长期发展战略和近期发展规划。然而由于创新的复杂性和分析工具的缺乏,各地区很难对自身发展阶段和创新能力进行准确判断,各地区在目标设定和创新路径选择中普遍存在趋同化现象,很难提出有针对性的、具有自身特点的区域创新模式。所以,实践工作中非常需要区域创新理论作为指导。区域如何选择符合区域创新特征的发展路径,是区域创新模式研究的重要内容和目标。

(2) 研究意义

为了探索区域创新模式,除了对其本身进行深入研究外,必须对区域创新的客观规律进行研究,这种规律的总结是创新模式研究的前提和基础。从时间和空间两个维度去探索区域创新的客观规律,顺应这些规律才能发现适合区域创新发展的正确路径,建立适合自身的区域创新模式,对区域发展起到事半功倍的效果。其中,时间演化规律着眼点在于区域创新的历史观。区域创新是一个历史现象,在漫长的区域发展过程中,创新活动成为区域增长的核心动力是很晚才出现的事情。例如美国硅谷的崛起是最近几十年的事情。区域创新这一历史过程是否遵循着某些发展和演变规律,值得深入研究。空间演化规律着眼于区域创新的空间属性,作为一种区域现象,必然存在区域内部系统组织过程和区域间相互作用过程。区域创新空间演化律是区域创新模式研究的重要研究内容。然而,



关于区域创新时间和空间演化规律、区域创新模式的理论研究还很不充分，区域创新研究理论框架尚未建立，因此，在中国区域创新实践工作中，多以感性和直觉制定创新政策，难以有效组织创新要素和配置创新资源。

本书通过对区域创新规律的研究，为区域创新模式选择提供依据和基础；通过区域创新现象解读，深入分析影响区域创新模式的各种因素，发现区域的创新优势与存在问题；通过对世界主要经济体和我国各省市的创新研究，为区域的创新模式选择提供引导和借鉴。一种有效的区域创新模式可以整合优化区域内的创新资源，提高区域创新效率，形成区域创新合力，以保证区域内的持续创新经济增长质量。合理的区域创新模式对于新知识新技术的增长有利，在知识创新和技术创新的基础之上建立经济增长模式。但知识、技术等资源具有“边际收益递增”的特性，区域的竞争力和这些资源成正相关。一种有效的区域创新模式不但可以促进区域内企业自身对先进技术的消化、吸收，而且有利于提高企业的自主创新能力，从而增加区域内高技术含量产品的产出。合理的区域创新模式有利于聚集高素质劳动者以及创新型人才，这将使区域经济增长的潜力大大提高。

1.2 国内外研究现状

1995年3月，菲利普·库克（Philip Cooke）和格尔德·逊斯托克（Gerd Schienstock）两位教授写了一篇关于“区域创新系统：着眼于未来的构思”的论文，受此文鼓舞，全世界15个区域的有关专家收到德国巴登-符腾堡州技术评估中心的请求，来描述他们各自所在的区域创新系统，并邀请这些专家以“区域创新系统”为主题，参加1995年秋季在德国斯图加特市举行的国际学术讨论会。这次会议最终出版了《区域创新系统：在全球化世界中治理的作用》（*Regional innovation systems: the role of governance in a globalized worlds*）一书，这本书是至今为止最全面详细的一部区域创新系统研究文献，对于区域创新活动的研究具有里程碑意义，极大地促进研



究区域创新系统的研究,使人们更多地关注区域层次的创新活动。

1.2.1 国外研究现状

国外学者关于区域创新规律与区域创新模式的研究经历过三个发展阶段。早期的研究以美籍奥地利经济学家约瑟夫·熊彼特(Joseph. A. Schumpeter)为代表,研究重点是系统性提出创新这一研究领域,对创新的基本内涵及企业创新的基本模式进行了阐释。熊彼特于20世纪初最早提出了“创新”的概念,指出创新是新技术、新发明在商业中的首次应用。1934年熊彼特提出了创新的五种类型,即引入新产品、引入新的生产方法、打开新市场、开发原材料或其他投入的新供应来源、在产业内创造新的市场结构。

随着人们对创新及其对经济发展作用认识的进一步深入,越来越多的学者从企业如何实现创新的角度进行了研究,企业技术创新(包括产品创新和工艺创新)成为学者们关注的焦点。有学者从创新源的角度把企业创新划分为内部创新和外部创新。内部创新有助于自身核心技术的掌控,然而外部知识获取能力对企业创新能力及市场竞争力的迅速提高同样至关重要。企业主要通过三种途径实现这种外部创新:一是通过专业化网络获取学术部门的知识^[8];二是通过与竞争者建立联盟^[9-12];三是通过投资的形式创建或收购风险企业^[13]。通过对产业创新特征的研究,学者们以产品生命周期理论为基础提出了产业结构演进过程中的创新模式。威廉·艾伯纳西(William J. Abernathy)和詹姆斯·厄特巴克(James M. Utterback)提出了技术创新A-U模型,认为产品创新、工艺创新及产业组织的演化可以划分为三个阶段,即流动阶段、转移阶段和专业化阶段^[14, 15]。在产业发展初期,即流动阶段,市场上产品创新十分频繁,大量创新产品在市场上涌现;在转化阶段,工艺创新十分活跃,市场竞争加剧;在专业化阶段,即当主导设计已经形成之后,产品和工艺创新都不频繁,渐进的工艺改进是企业创新的主要特征^[16]。岩井克人研究了一种易于管理的进化模型,并将这种模型应用于研究模仿创新—企业成长与产业结构变化的动态交互作用过程中。通过分析和总结模仿与创新的演化过程,技术创新模式的演化是一个模仿和创



新的动态变换过程：对新技术的模仿将刺激创新的产生，同时创新的出现也将导致新一轮的模仿。在这种不断交互作用的动态过程中企业争取到了生存和成长的机会，同时也促进了产业结构的变化与发展^[17]。向山敏彦构建了一个创新、模仿与经济增长的模型来研究技术创新模式的演化过程。在这个的模型中，只有行业中的技术领先者能够进行创新，能够进入行业的其他企业则从事模仿活动。他们的研究表明，在平衡状态下，外来的进入者进行的是高成本的模仿。在竞争环境下，模仿、创新和经济增长具有正相关关系。企业创新始于模仿，并通过不断的学习活动和技术积累，逐步发展到自主创新^[18]。弗兰克·吉尔斯（Frank W. Geels）和罗伯·莱文（Rob Raven）在总结了熊彼特、纳尔森等人关于技术演化过程理论的基础上，从社会认知进化角度，提出了技术创新的协同进化模式，并以丹麦沼气工厂为例分析了两个相互竞争的技术轨迹之间的共同进化。他们认为在行业竞争的生态演变过程中存在一种可持续的创新，而这种创新的演变过程是与竞争系统的演变相协同的^[19]。

从 20 世纪 80 年代后期开始，随着国家创新系统理论的兴起，创新的研究突破了企业和产业层面，向区域层面拓展，学者们开始从系统论的角度研究创新问题。自弗里曼（C. Freeman）率先提出国家创新系统理论之后，众多学者积极跟进。库克进而提出了区域创新系统的理论框架并进行了详细阐述。1992 年库克就区域创新系统，专门研究了规则的问题。通过对日本、德国、法国以及英国的威尔士地区的研究得出结论：交互学习能够提供非常迅速的制度反应的依据，虽然在经济的表现之前存在时滞，商业的物力论能在区域间进行协调。同时，规则的调节作用在威尔士的网络创新系统中的作用进一步证实了规则调节的尺度与规则作用的展望同等重要^[20]。1997 年库克等在“区域创新系统：制度的和组织的规模”一文中从演化经济学的角度，以“区域”“创新”和“系统”为前提，讨论了区域创新系统的制度，创新系统中财务资源配置的重要性，学习和创新的系统规模，产品文化的制度建立。他们认为区域创新系统概念起源于创新系统的研究和区域科学的研究^[21]。2001 年，库克在