

Turning Points

The Nature of Creativity

转折点 创造性的本质

〔美〕陈超美 著
陈悦 王贤文 胡志刚 等译

知识转折点概念的出现是很自然的，库恩的竞争范式之间的格式塔转换，
以及黑格尔的命题和反命题的升华便是知识转折点的体现，
它们改变了人们看问题的视角。



科学出版社

Turning Points

The Nature of Creativity

转折点 创造性的本质

〔美〕陈超美 著

陈悦 王贤文 胡志刚 等译

科学出版社

北京

图字号: 01-2015-4010

图书在版编目(CIP)数据

转折点: 创造性的本质 / (美) 陈超美著; 陈悦等译. —北京: 科学出版社, 2015.7

书名原文: Turning Points: The Nature of Creativity

ISBN 978-7-03-045141-5

I. ①转… II. ①陈… ②陈… III. ①创造性思维—思维方法 IV. ①B804.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 143561 号

责任编辑: 邹 聪 王首艳 / 责任校对: 张怡君

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 众聚汇合

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 7 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2015 年 7 月第一次印刷 印张: 17 3/4

字数: 350 000

定价: 148.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

创造发现是人类特有的一种能力，若想了解人类是如何创造令人耳目一新的艺术、音乐、诗歌和小说，如何发现科学规律、模式或者关系，我们需要一个对创造发现的创造发现。

人类创造和发现的根基在于解决问题的热情和推动方案实施的社会环境。热情可以让人们坚持不懈地致力于重要问题的解决，弥补令人不安的差距，拓展惹人烦恼的边界，或打开新机遇的大门。

对社会环境的了解有助于研究者们更清晰地认识问题，连接不同的学科，并能将研究方法从一个领域应用到另一个领域。社会环境是鼓励各种形式的竞争与合作的动力。竞争有时候是激烈的，而有时候又是友好的。合作有时候仅仅局限于相互信赖的伙伴之间，而有时候又是长期而广泛的。成千上万的人能够为解决共同的问题而热情地交流。过度保护自己的新想法，就无法了解别人对自己想法的意见，也无法得知其他相关的想法。

人们对研究创造和发现本身已经表现出日益浓厚的兴趣。为人类科学活动而建立起的数据库在规模和应用上的巨大与广泛是史无前例的，同时人类科学活动数据分析工具的功能之强大和应用之广也是前所未有的。

科学论文的回溯性引文分析在目前来说仍然是主流，有时也辅以人类学观察和专家访谈，但如果想要识别重要的步骤、争议或错误，专利分析、专利引文、商业期刊文章、博客、电子邮件、推文和其他社交媒体将更精细、更多样化、更即时地记录科学突破是如何发生的。

引文分析早已不局限于引用频次的简单统计，而已经拓展到作者共被引和文献共被引网络，同时还增加了很多有说服力的计量指标，如中介中心性可以用来寻找连接不同知识领域的跨边界论文。对于上述这些分析而言，一个重要

的工具就是网络可视化。网络可视化会展现重要聚类、揭示连接不同知识领域的论文，发现可能被忽略多年或会迅速引起人们关注的重要文章，这些都会给研究者带来惊喜。

陈超美这本最新力作作为创造力研究做出了重要贡献，因为他将几股研究的力量编织到一起，为这个研究主题带来了更为广阔的视野。陈超美理清了现有的理论，并采用有趣的计量指标展示了令人信服的可视化结果。他让读者清楚地了解他的观点，“变革性发现有可能出自多领域交汇的暮色区域”。对截然不同的科学分支进行的回顾性分析和案例研究进一步地强化了这一观点。

《转折点：创造性的本质》这本书的重要意义在于，作者陈超美不仅仅着眼于回溯过去，而是有着更远大的追求。他要为研究者提供了解科学研究前沿现状的能力，让他们尽早地发现重要的研究进展。预测哪些文章会最终成为高被引文章的能力对于研究者、政府政策制定者和行业管理者来说，都是一份无比美妙的礼物。这个目标的实现并不容易，但是作者提出了一些很有希望的解决办法。

对陈超美来说，更为大胆的挑战是通过识别“结构洞”或相关知识领域间的空白来发现有趣的研究机会。这不是个简单的问题，因为许多关联并无法带来多少实际意义，所以需要研究领域的专家做出正确的判断或者发现最初的蛛丝马迹。这是个诱人的想法，与此同时，陈超美也提醒我们注意形形色色的“偏见、缺陷和认识上的误区”。尽管如此，他仍然大胆地断言：“具有高中介中心性的文章是潜在的变革性发现。此外，通过计算现有知识网络中连接两个不同领域的假想关联点的中介中心性来识别潜在的发现是可能的……因此，中介中心性可以演变成兴趣，而兴趣本身则可以变成行动。”

读者应该认真地思考陈超美所列举的研究目标，并仔细体会它们各自如此不同的来源。读者们还应当仔细琢磨他提出的计量指标和 CiteSpace 的可视化研究。陈超美通过建设性的问答，以及富于吸引力的讨论，巧妙地勾勒出他的新思路。这促使我们进一步思考这些问题，也激发我们做出新的思考。读者们可以用更好的理论、数据、指标及可视化方法来给予响应。

本·施耐德曼 (Ben Shneiderman)

于美国马里兰大学

2011 年 7 月

科研评价已经成为越来越多的政府机构和民间组织在决策和制定政策时需要考虑的核心问题，评价科研实力和预测影响力的新指标如雨后春笋般相继出现。然而，如果仔细探究各种方法背后的实质，并透过各种类型指标的表面去看其本质，我们就会接连不断地遇到一些问题：科学创造力的本质是什么？有没有一种方法可以让我们提前预知意义深远的新发现？有什么方法可以帮助我们选择通往创造彼岸的正确途径？我们能否系统地提高自己的创造力？

科学理论有两种类型，即具有指导性的理论和不具有指导性的理论。指导性理论能够对现象背后的根本机理做出解释，这让我们知道应该如何行动才会更加有所作为。我们就是要寻求一种对创造力形成机理的更好解释，尤其是针对实现和评估科学发现本身而言。首先，本书旨在识别一些规律，而这些规律对于在广泛多样的知识来源基础上所产生的创造性思维是十分必要的，同时还将解释我们应该如何避免那些由主观想法和自我认知系统而导致的偏见和缺陷。其次，本书将介绍一种具有解释性和计算性的科学发现理论，并通过知识域研究中的一系列不断改进的定量方法来展示其指导意义。最后，本书还将讨论从理论推演出的测量变革性研究的潜能计量指标，并对其测量影响力能力予以验证。该理论大大地简化了对一些问题的解释。例如，已经发现的一些能够很好地预测一篇文章被引数量指标的原因是什么。我们的理论揭示了其中的同一内在机理。

发现理论的思想主要受到了一系列横跨多领域的经典研究成果的启发，特别是万尼瓦尔·布什（Vannevar Bush）的《诚如我思》（*As We May Think*）和他在Memex（memory and index）中对知识空间的洞察力、托马斯·库恩（Thomas Kuhn）的科学革命范式转换理论、亨利·斯莫尔（Henry Small）的共引网络分析方法、罗纳尔·博特（Ronald Burt）的结构洞理论，以及彼得·皮罗利（Peter Pirolli）的最佳信息觅食理论。我们正在通过开发和应用 CiteSpace 系

统来尝试综合这些意义深远的思想。我从 2003 年开始，就一直在开发和维护 CiteSpace，让研究者和学生们认识到可以使用该免费软件进行文献分析，所谓科学计量就是将定量方法应用于科学研究活动的分析。同时，来自各个研究领域的众多使用者们给出的反馈、提出的问题，以及对 CiteSpace 新功能的要求，也驱使我们去寻找能够合理解释那些在文献中出现的各种规律的相关理论。

本书的主要论点是，创造性思维和问题求解的机理是相通的。如果我们能够更好地理解这些机理，那么我们就能够将其相互融合，并进一步利用计算技术加以实现。本书通过回顾不同领域的文献得出的另一个重要的启示是，创造力是关乎发现新观点的能力和意愿，它能让我们更好地理解那些对我们来说也许已经是司空见惯的现象。

知识转折点概念的出现是很自然的，库恩的竞争范式之间的格式塔转换，以及黑格尔的命题和反命题的升华便是知识转折点的体现，它们改变了人们看问题的视角。我们在解决问题的过程中所感受到的幸运或不顺利在很大程度上取决于我们的立场，当我们在搜寻解决问题的方式时，显而易见的事物往往会很轻易地从眼皮下溜走。我希望本书可以给读者提供一些有助于研究科学及其社会作用的视角，以及对创造力本质的深刻见解，这样我们就能够更好地认识创造性想法，并为更多创造性想法的产生提供更多的机会。

我在准备本书的时候，希望能对以下几类读者有所帮助：

第一，对创造力本质好奇，并且想知道创造力是否有不拘泥于偶然性的观点。

第二，需要对创造性工作做出艰难抉择的分析师、评估师及政策制定者们，他们的决策会影响创造性工作的命运。

第三，那些不仅仅拘泥在自己研究领域范围内，并且希望自己在研究前沿中具有竞争力的研究人员和学生们。

第四，科学史学家和科学哲学家。

大学生本科及以上的学生适合前 4 章的阅读。接下来 4 章的适用读者需要有信息科学背景，如熟悉网络分析和引文分析。本书可用于信息科学专业的研究生课程或研讨会，以及科研评估和企业管理。

陈超美

2010 年 12 月 5 日

于宾夕法尼亚州费城

序言	i
前言	iii
1 风雨欲来	1
1.1 《风雨欲来》	2
1.2 进入风暴之眼	5
1.3 汤浅现象	8
1.4 创新性研究与创造性的本质	10
1.5 科学与社会	18
1.6 本章小结	19
参考文献	20
2 创造性思维	21
2.1 超越意外发现	22
2.2 有关创造性研究的研究回顾	23
2.3 发散性思维	26
2.4 盲目变异和选择性保留	28
2.5 游离知识单元的重组	31
2.6 多面共存思考	33
2.7 发明问题的解决理论	38

2.8 本章小结 40

参考文献 41

3 认知偏见和缺陷 45

3.1 草中寻针 46

 3.1.1 化学空间中的化合物 46

 3.1.2 变化盲视 49

 3.1.3 显而不见 50

3.2 心智模式和偏见 52

 3.2.1 连接正确的节点 56

 3.2.2 拒绝可以获得诺贝尔奖的发现 59

3.3 创造性的挑战 62

 3.3.1 类比推理 63

 3.3.2 竞争假设 63

3.4 边界对象 65

3.5 前兆信号 66

3.6 本章小结 68

参考文献 69

4 研究潜能的再认识 71

4.1 回溯性研究 72

 4.1.1 冬眠熊 72

 4.1.2 风险与收益 74

 4.1.3 回顾计划 75

 4.1.4 TRACES 77

4.2 预见 81

 4.2.1 展望未来 81

 4.2.2 确定优先资助领域 84

 4.2.3 德尔菲法 87

 4.2.4 对预见的事后评估 88

4.3 本章小结 89

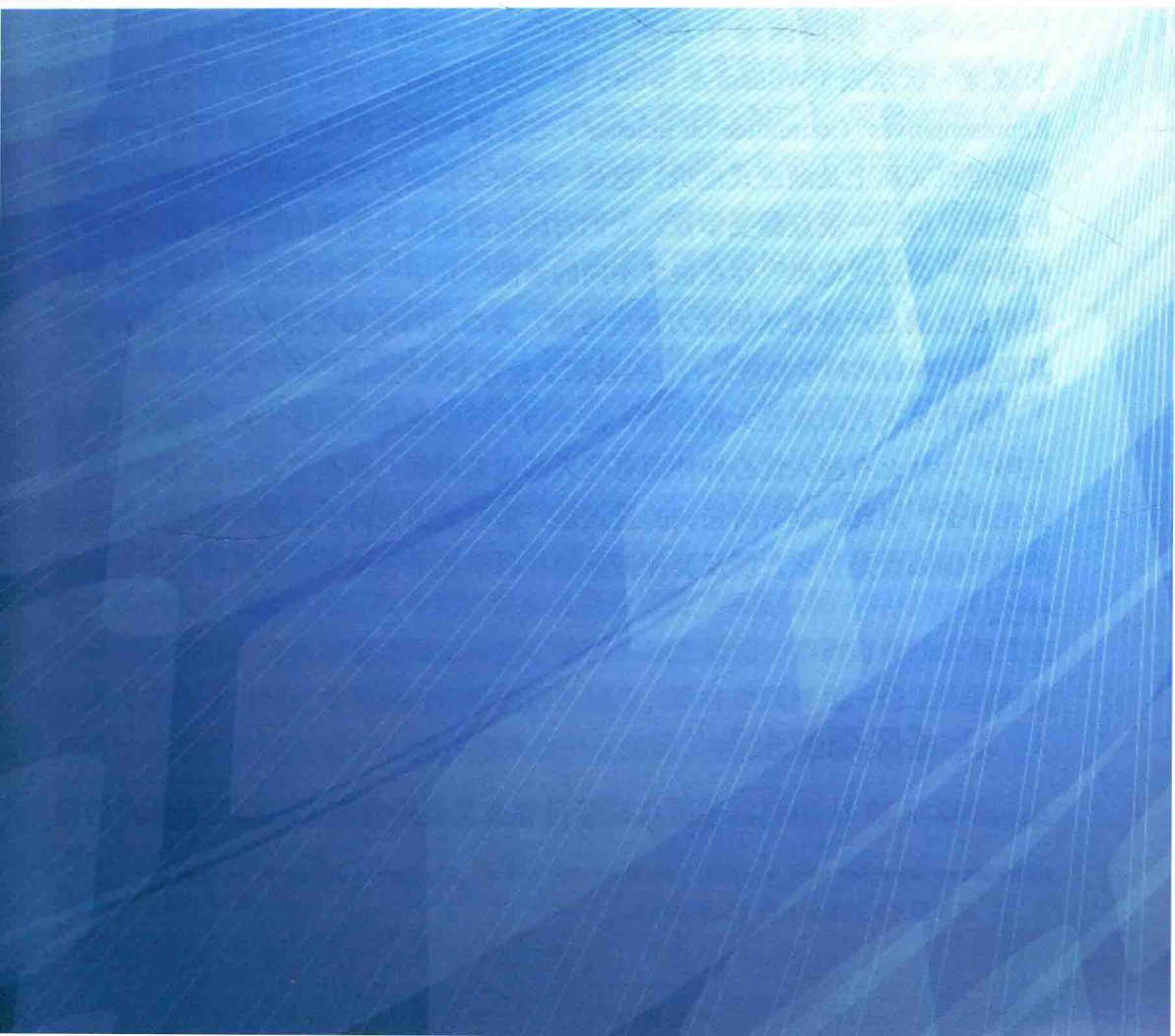
参考文献 89

5 觅食	93
5.1 可视化分析的信息理论视角	94
5.1.1 信息觅食和调查研究	96
5.1.2 证据和观念	98
5.1.3 显著性和新颖性	99
5.1.4 结构洞和中介	100
5.1.5 信息内容的宏观视角	101
5.2 转折点	104
5.2.1 有趣度的指标	104
5.2.2 普罗透斯现象	105
5.2.3 科学变革的概念	107
5.2.4 专业同行和科学变革	108
5.2.5 知识扩散	110
5.2.6 预测未来的引用情况	112
5.3 科学发现的一般机制	117
5.3.1 作为问题求解的科学发现理论	117
5.3.2 基于文献的发现	118
5.3.3 跨界视角	119
5.3.4 构建知识结构洞的中介	121
5.4 科学发现的一个解释性和计算性理论	121
5.4.1 理论的基本原理	122
5.4.2 结构上或时间上的属性	124
5.4.3 构建综合指标	125
5.4.4 案例研究	126
5.5 本章小结	135
参考文献	136
6 知识域分析	145
6.1 累加式知识域可视化	146
6.1.1 科学革命	146
6.1.2 任务	148
6.1.3 CiteSpace	150

6.2 多视角共引分析	158
6.2.1 传统分析扩展	158
6.2.2 测度	161
6.2.3 聚类	163
6.2.4 自动聚类标签	164
6.2.5 可视化设计	164
6.3 信息科学领域知识分析	165
6.3.1 作者共被引比较分析（2001~2005年）	166
6.3.2 累加作者共被引聚类（1996~2008年）	168
6.3.3 累加文献共被引分析（1996~2008年）	170
6.4 本章小结	176
参考文献	178
 7 文本中的信息	 183
7.1 区分相互冲突的观点	184
7.1.1 《达·芬奇密码》	185
7.1.2 术语变化	187
7.1.3 《达·芬奇密码》的评论	188
7.1.4 主要主题	190
7.1.5 预测性文本分析	191
7.2 分析非结构化文本	196
7.2.1 文本分析	197
7.2.2 寻找丢失的链接	199
7.2.3 概念树和谓语句	200
7.3 突变检测	213
7.3.1 引文的突现	214
7.3.2 突现的生存分析	216
7.3.3 对获得和未获得基金资助的项目申请书进行区分	219
7.4 本章小结	221
参考文献	222

8 变革的潜力	227
8.1 变革性研究	228
8.2 探测变革性潜能	230
8.2.1 引文和参考文献的联系	231
8.2.2 通过结构变化测度新颖性	234
8.2.3 统计验证	237
8.2.4 案例研究：脉冲星	245
8.3 组合评价	251
8.3.1 识别申请书的核心信息	252
8.3.2 信息抽取	254
8.3.3 探测热门主题	255
8.3.4 识别潜在的变革性项目申请	256
8.4 本章小结	258
参考文献	259
9 未来	261
9.1 风雨欲来	262
9.2 创造性思维	262
9.3 偏见和缺陷	264
9.4 觅食	265
9.5 知识域分析	266
9.6 文本分析	266
9.7 变革性潜能	267
9.8 未来	268
致谢	271

风雨欲来



水煮青蛙，有两种方式：一种是将青蛙扔进沸水中，青蛙会迅速跳出来而逃离危险；另一种是先把青蛙放进冷水中，然后慢慢加热直到把水煮沸，水中的青蛙处于越来越危险的境地，当它意识到大祸临头时，可能已经丧失了跳出来的机会。

历史上有一些重大的危机事件，如 1941 年的“珍珠港事件”、1957 年苏联斯普特尼克 1 号（Sputnik 1）人造卫星升天，以及 2001 年的“9·11”事件，都促使美国立即做出应急反应。例如，苏联发射人造卫星，促成了美国国家航空航天局（NASA）和美国国防高级研究计划局（DARPA）的建立，同时促使美国政府在科学研究和教育上投入更多的经费。与此同时，美国科学技术政策管理机构中一些颇有声望的委员会和咨询部为美国敲响了另一警钟：美国正面临着一场与上述突发性危机截然不同的、潜在的，但却影响深远的危机——一种渐进式危机（creeping crisis）正侵蚀着美国科学技术竞争优势的根基。

2005 年，美国国家工程院（National Academy of Engineering, NAE）院长威廉·沃尔夫（William A. Wulf）在美国众议院科学委员会（U.S. House of Representatives' Committee on Science）之前提交了一份议案，提出当下美国面临的危机实质上是渐进式危机，这是一种缺乏长期考虑的短视思维模式所导致的危机。但这一观点颇受争议。人们对国家应该优先考虑的事情，以及是否真的存在“渐进式危机”存在很多不同的看法。其中一个争论的焦点就是从测评结果以及满足产业需求的能力角度考虑，美国的科学和工程（S&E）教育，尤其是数学和自然科学教育是否已经落后于世界上其他强国。

为什么人们的观点大相径庭，似乎到了难以调和的地步？这种危机真的存在吗？为什么有些人忧心忡忡而有些人却置若罔闻？那些重要的论点和反驳点又是什么？对此，本书所强调的重点是，影响美国在科学技术领域保持领先地位的关键因素是什么，以及要保持美国在科学技术领域的领先地位又需要做些什么。

1.1 《风雨欲来》^①

2005 年 10 月 20 日，美国众议院科学委员会接收到了一份很有分量的报

^① 又译为《风云紧急》或《风暴集结》

告,认为美国正处于一场渐进式危机之中^①。竞争力评估委员会(Competitiveness Assessment Committee)主席、曾任洛克希德·马丁公司(Lockheed Martin Corporation)的董事长和首席执行官诺曼·奥古斯汀(Norman R. Augustine),曾任默克公司(Merck)董事长和首席执行官,也是竞争力评估委员会成员的罗伊·瓦格洛斯(P. Roy Vagelos)和美国国家工程院院长威廉·沃尔夫对这一处境做了评估报告。2007年,美国国家学术出版社(National Academies Press)出版了该报告,书名为《风雨欲来》(*Rising above the Gathering Storm*) [美国国家科学院、美国国家工程院、美国国家科学院医学研究所(Institute of Medicine of Medicine of the National Academies), 2007]。同年,美国国家学术出版社还出版了奥古斯汀的新书《美国是落后于世界了吗?》(*Is America Falling Off the Flat Earth?*)^②。

风雨欲来委员会(the Gathering Storm Committee)的成员包括诺贝尔奖获得者约书亚·莱德伯格(Joshua Lederberg),英特尔公司(Intel)和杜邦公司(DuPont)等研究型企业的高管,劳伦斯伯克力国家实验室(Lawrence Berkeley National Laboratory)的董事长,以及麻省理工学院(MIT)、耶鲁大学(Yale University)、得克萨斯A&M大学(Texas A&M)、伦斯勒理工学院(Rensselaer Polytechnic Institute)和马里兰大学(University of Maryland)等高校的校长。委员会卓有声誉的背景、委员们的鼎鼎大名和清晰缜密的论证,使得渐进式危机的观念引起了公众的极大重视和思考——可谓风雨欲来!

风雨欲来委员会关于渐进式危机主要有以下两个观点。

(1) 美国必须对失败的 K-12 教育体系进行改革,尤其在数学和自然科学方面。

(2) 联邦政府必须大幅增加基础研究投资,基础研究就是新知识创造。

引发这场危机的主要原因在于“距离的消亡”(death of distance),即日益深入我们生活的全球化。如今竞争者和消费者只需“点击鼠标”即可实现目标。诸多领域在短期内的巨变已经威胁到了美国的领先地位,如制造业的流动性主要取决于劳动力的成本和国内市场的活跃程度,而在美国雇用一位工程师的费用可以在印度雇用到 11 人。风雨欲来委员会强调,更糟糕的是,金融资本、人

① http://www7.nationalacademies.org/ocga/testimony/gathering_storm_energizing_and_employing_america2.asp

② The National Academies Press offers a free podcast free of charge at http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=12021

力资本和知识资本的流动性持续增强，加剧和加深了这场危机。同时，国外的竞争对手已经认识到了美国之所以能够保持竞争优势的关键机制，他们在努力效法甚至赶超美国。为了确保美国在竞争中立于不败之地，我们显然要保持高度的紧迫感。奥古斯汀说：“风雨欲来委员会一致认为，如今的美国在未来竞争力和人们生活水平方面正面临着严峻的挑战，我们甚至似乎正在落后。我们今天在这里呼吁，希望能够引起国家对这种发展状况的高度重视，并拿出建设性的解决方案来。”

达尔文（Charles Darwin）发现，“能生存下来的物种既不是最强壮的，也不是最聪明的，而是最能适应环境变化的”。1993年，国家科学、工程和公共政策委员会（COSEPUP）提议，美国应该成为各个研究领域的世界领导者，以保持以下核心能力。

（1）用最有效的知识来应对与国家目标相关的问题，即使这些知识看上去与国家目标似乎并没有什么直接的关联。

（2）迅速地识别、推广并利用在任何地方出现的重要研究成果。

（3）在美国高校中培养能够成为领导者并能开拓和实践前沿知识的人才。

（4）吸引最聪明的年轻学生。

风雨欲来委员会令人信服地阐述了采取行动的紧迫性和必要性。其证据列表中就包括资金流向：美国投资者在2005年将更多的资金注入国际股票市场，而不是美国股票市场，这是近20年以来从未出现过的状况。美国新注入的股票基金海外投资份额由1999年的8%上升至2005年的77%。最近一项关于研发中心最佳区位的调查表明，全球41%的公司选择美国，62%的公司选择中国。奥古斯汀引用理查德·霍杰茨（Richard Hodgetts）的一首诗来说明美国在全球环境下应对这种日益严峻挑战的紧迫性，它关乎美国的未来竞争力和人民生活水平。

清晨，非洲的瞪羚醒来，

它知道自己必须比跑得最快的狮子跑得还快，否则就会被吃掉。

清晨，非洲的狮子醒来，

它知道自己必须追得上跑得最慢的瞪羚，否则就会被饿死。

无论你是狮子还是瞪羚，这都无关紧要，

当太阳升起时，你最好就开始跑起来。

奥古斯汀在2007年非常惊讶国外官方对美国风雨欲来报告的熟悉程度。正

如他所说,世界末日论就如同风雨欲来,它成功地激发了很多其他国家做出更多努力,但美国的反应却微乎其微。美国国会在2007年通过了《美国竞争法案》(*The America COMPETES Act*)^①,一些由风雨欲来委员会提出的建议便随之被制定成法律条文。例如,该法案包括对美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)的一些规定,该基金会是基础研究的主要资助机构。

(1) 4006 条 要求 NSF 负责人做到:①考虑 NSF 奖金和资助的科研活动在多大程度上有助于满足国家在创新、竞争、自然科学、技术、工程和数学方面的重大需求;②在遴选 NSF 奖项、分配研究资源和项目资助时,优先考虑预期能在这些领域有所贡献的。

(2) 4007 条 禁止运用该法案 A 部分或 D 部分中的任何内容为变更或者修改 NSF 的价值评估系统或同行评议过程提供解释。

(3) 4008 条 根据 1988 年的《国家科学基金会授权法案》(*The National Science Foundation Authorization Act*),设立 2008 至 2011 财政年度的鼓励竞争性研究的实验项目专项基金。

尽管这种渐进式危机迫在眉睫,而且人们对此采取行动的必要性也存有共识,但仍然有很多人对危机的诊断和应对提出了严肃的质疑。毋庸置疑,多元的观点需要得到验证,冲突的立场需要得到和解,有竞争性的建议需要执行。无论是政策的制定者,还是科学家、教育者、学生和普通大众,当务之急是要弄清楚究竟发生了什么,更需要明白今天所做的决定会产生什么样的长期影响。

1.2 进入风暴之眼

2007 年,乔治城大学(Georgetown University)的琳赛·洛威尔(Lindsay Lowell)和城市研究院(Urban Institute)的哈尔·萨尔兹曼(Hal Salzman)在阿尔弗雷德·P. 斯隆基金会(Alfred P.Sloan Foundation)和美国国家科学基金会资助下,发表了《进入风暴之眼》(*Into the Eye of the Storm*)一文,该文强有力地攻击了《风雨欲来》报告。

《进入风暴之眼》的重要发现在于,数据分析结果并不支持《风雨欲来》报告中提出的挑战及其他观点,尤其是无法找到证据证明,美国对数学与科学教

^① <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/bdquery/z?d110:SN00761:@@@D&summ2=m&>