

纳米技术:基于相关指标及统计数据的述评(I)

CHRISTOPHER Palmberg, HÉLÈNE Demis, CLAIRE Miguet

经济合作与发展组织(OECD)科学、技术及产业理事会

0 引言

“纳米技术是在纳米尺度范围(典型但非唯一的范围为100毫微米以内的一维或多维空间)对物质及过程的认识和控制,在该尺度范围,一系列尺度依存现象通常使原有物质及过程产生新的应用特性。”^①

纳米技术普遍被认为能够为全球不同产业提供商机并极大地拓展社会经济效益。这意味着它几乎适用于所有类型的工业加工及产品制造过程,包括电子、工程、化学、卫生保健和医药、造纸、纺织乃至国防设施建设、能源和水。纳米技术同时还被认为有潜力用于应对一些最严峻的全球性挑战,如有关能源制约性、气候变化、卫生保健以及全球清洁水的供应。

纳米技术的上述社会经济前景促使该领域的公共研发投入迅猛增长(图1)^[1]。事实上,其他技术领域很难像纳米技术这样在如此短的时间内从全球公共研发投入中获益如此之多,并且私营机构的投入同样增长迅速。根据未来市场规模推算,这些投入的收益预计在2010年和2015年分别达到1500亿美元和3.1万亿美元左右,由此在全球所创造的预期工作岗位将达到200万^[2-3]。

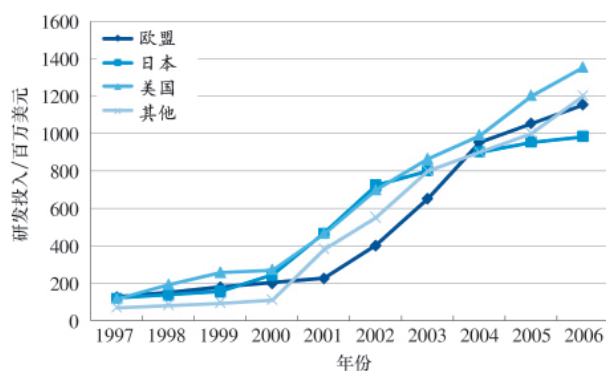


图1 全球纳米技术公共研发投入情况

数据来源:文献[1]。

尽管上述预测显得有些夸张(因为目前衡量纳米技术及其效应是很困难的),但分析仍然暗示纳米技术可能发展成为继信息技术(ICT)之后的下一代所谓通用技术,并成

为21世纪社会经济发展的“引擎”^[4-5]。从经济学角度讲,通用技术的一个显著特征是其对现有技术的进步产生迅速而广泛的影响,同时,伴随发展其用途和应用行业部门不断扩展。它将吸纳并需要各个领域的技术、组织及机构的补充和支持。如果纳米技术发展到作为通用技术的程度,那么根据此前经验,其促进生产力和经济增长的效应将十分显著,尽管这种效应的显现可能存在相当长的时滞^[6]。

但是,必须强调的是,上述观点并未将始于2008年10月的全球经济危机效应考虑在内。

纳米技术是一个综合术语,它代表一套相互关联的科学和技术,这些科学和技术的协同使得在极其微小的尺度(典型的尺度范围为1—100毫微米)认识和控制物质和过程成为可能。

1nm等于 10^{-9} m,该尺度范围已经接近单个原子水平,因此纳米技术对于单个原子尺度的物质工程学极为重要。在这种尺度范围内,形成了从传统物理学领域向量子物理学领域的跃迁(而迄今为止对量子物理学领域的认识尚不充分)。传统材料由此而呈现出新的光学、力学及化学特性,从而具有了新的功能并发展为全新的材料、设备和产品。纳米技术所显现出来的新特质意味着更好地认识其发展源起、重要意义及社会经济效应是非常重要的。纳米技术领域的科学、技术及创新(STI)政策必须建立在经过证实并且可比的指标、统计数据以及其他系统的认识基础之上。

1 目前对纳米技术的理解和定义

1.1 纳米技术发展的源起

纳米技术的概念最早是在1959年美国加利福尼亚理工学院举行的美国物理学会会议上,由美国著名物理学家理查德·费曼在其题为《空间之尽头仍然很大》的开创性发言中提出的,在这篇发言中,理查德·费曼预言了在极微小尺度控制物质的可能性并由此向科学界展示了一个全新的探索领域。而“纳米技术”这一术语最早则是由东京理工大学 Norio Taniguchi 提出的。至于对纳米技术基本思想的详细探讨则要归功于埃里克·德雷克斯勒1986年出版的高被引论著《创新

本文摘编自《科学观察》2010年第5卷第5期“基于相关指标及统计数据的述评(I)”,原中译文由张树良译自 OECD Science, Technology and Industry Working Papers—Nanotechnology: An Overview Based on Indicators and Statistics(doi: 10.1787/18151965),由马建华审校。

① 在此采用的是国际标准化组织(ISO)的定义。

之引擎——纳米科技时代的到来》。

但是, 纳米技术发展的主要源动力来自 20 世纪 80 年代仪器设备领域的关键发明。重要里程碑事件包括: 1981 年 IBM 苏黎世研究实验室的 Gerd Binnig 和 Heinrich Rohrer 发明了扫描隧道显微镜 (STM), 从而使不同物质表面原子尺度成像成为可能, 这是此前的显微镜所无法企及的; 而 1986 年 Gerd Binnig 及其同事关于原子力显微镜 (AFM) 的发明则使扫描隧道显微镜的材料分辨能力进一步提高。上述发明为发明者们赢得了诺贝尔物理学奖。

自此之后, 基于纳米技术的新材料 (即所谓的纳米材料) 的发现进一步推动了该领域的发展。典型的例子包括量子点、富勒烯 (或称“布基球”)、碳纳米管以及一系列其他新材料及其相应的仪器设备。这些纳米材料大都作为原料被用于改善已有产品及工艺或者创造全新的产品。比如, 富勒烯即是一种具有全新化学、物理学及电学特性的新型纳米碳材料, 既十分坚硬, 又兼具良好的塑性和极佳的导电性, 被广泛用于太阳能电池、各种涂层、运动器械、存储芯片等的制造。

目前在政策上对纳米技术的关注主要始于 2001 年美国“国家纳米技术行动计划 (NNI)”的启动, 该计划随即带动了日本、欧盟以及其他一些国家一系列的纳米技术发展计划。在日本, 纳米技术在“第二次科学技术基本规划 (2001—2005)”中受到重视, 并在其后的 2006 年的第三次规划中被进一步强调; 在欧盟, 纳米技术在 2002 年启动的“研究与技术发展第六框架计划”中被确定为优先领域, 2004 年欧盟委员会实施“欧洲纳米技术战略”, 并于 2005 年制定“纳米科学与纳米技术: 欧洲 2005—2009 行动计划”, 随后, 纳米技术又被纳入“第七框架计划 (2007—2013)”。

“纳米技术”这一术语如今已被广泛使用, 但它是否能够准确描述一个新的科学技术领域, 或是对已有研究进行准确的重新评估, 仍然存在争议。这一问题十分重要, 因为新技术尚未实现的经济预期往往能够导致经济泡沫并对其发展产生强烈的负面效应^[7]。而对于公共及私营部门而言, 对现有研究进行重新评估也会使研发资助背景复杂化。关于纳米技术概念的争议事关重大并且将持续下去。作为研究基点, 本报告所呈现的一些重要的既定事实旨在揭示纳米技术所独有的某些特质, 而非深入探讨概念上的争议。

基于纳米尺度研究及工程学共同的新突破, 纳米技术已经在物理学、生物学和化学各个子领域的不断发展中脱颖而出。在此, 需要对“自上而下”和“自下而上”的纳米工程学方法予以区分。“自上而下”的方法本质上是研究持续渐进的表现并遵循物理学发展轨迹。该方法借助已有的平板印刷、切割、蚀刻、电子自旋或研磨技术“自上而下”地实现对材料进行纳米尺度的处理。而“自下而上”的方法则遵循了不同的轨迹, 它通过诸如不同沉积作用、纳米颗粒合成以及液相过程等实现纳米尺度新材料的创造。不仅如此, 这种方法有望被用于基于对单个原子操纵的受控分子及其宏观结构的自组装。自下而上的方法同样源于生物技术。而目前使用更为普

遍的还是自上而下的方法, 主要是由于其在电子产业的应用, 而电子产业是纳米技术的主要应用领域。自下而上的方法目前仍然存在诸多瓶颈, 尤其是在面向工业应用的某些技术的成本效益的提升方面, 以及与之相关的伦理、法律与社会以及环境、健康与安全问题。纳米技术更多的发展前景来源于自下而上的方法 (参见文献[8])。

如前所述, 纳米技术发展主要的动力来自仪器设备领域的关键发明。这些发明的经济意义在于它们实现了材料的纳米特性, 并由此推动了基础纳米技术在全球范围内的推广。虽然纳米技术已经投入应用, 并且通过这些应用为产业和市场所接纳, 但是很明显, 纳米技术目前仍然处于发展初期, 尚不能并且可能永远也不会形成一个产业。但有望明确纳米技术具体的应用领域及其商业化路径, 目前其中一些应用及商业化正在对纳米技术基本价值链的形成发挥作用。

美国著名咨询公司 LuxResearch 已经提出了一个纳米技术价值链模型。该价值链最初的上游部分由纳米原材料 (如碳纳米管、量子点和富勒烯) 生产商组成。接下来的部分则以利用纳米技术原材料开发具有纳米特性的中间产品 (如涂层和各种合成材料) 的企业为主, 该环节的大多数企业是新兴企业。第三部分, 即更下游位置, 大多为基于中间产品开发和生产纳米终端产品的现有大型公司。最下游部分, 则是参与研发各种相关仪器设备的企业, 其作用也很突出。

1.2 纳米技术的定义

纳米技术以具有某种新的和独有的特性为特征, 这种特性强调科学技术创新概念和主题, 尽管也对已有研发的重新评估发挥作用。为规划和落实该领域的政策及举措, 不同机构对纳米技术提出了不同的界定。但是, 到目前为止还没有普遍公认的国际标准, 国际标准组织 (ISO) 正在致力于此, 同时 OECD 也为了相关的统计工作而探讨其定义。鉴于此, 本报告只能依赖于一系列同政策相关的定义。

表 1 列出了美国、欧盟和日本等主要国家和地区所采用的定义, 这些定义应用于纳米技术的公共研发投入条款中。表 1 同时包含了由国际标准组织 (ISO) 所制定的所谓“标准定义”, 该定义形成了 OECD 纳米技术工作组目前正在进行的纳米技术定义研究工作的基础。表 1 还给出了作为国际纳米技术可比专利数据主要来源的欧洲专利局 (EPO) 所采用的定义。

这些定义所给出的精确的文字表述均提及了纳米技术的 3 个普遍特性:

(1) 纳米技术是关于在极微小尺度下对物质进行有目的的“控制”、“操纵”和“处理”的技术。该定义意在排除任何通过“偶然”纳米技术所产生的物质或过程, 如天然存在的或是在无目的的工程过程中所产生的纳米技术。“偶然”纳米技术的典型例证之一为中世纪教堂彩色玻璃窗生产所使用的技术 (基于纳米金颗粒的光学特性)。在现代, 主要用于清洁剂和干燥剂生产以及石油化学催化过程的合成沸石的制造也是“偶然”纳米技术的结果。同样, 在自然界也有很多类似的例子。

对于相对数字即人均研发投入而言,情况有十分明显的变化(图 2(b)),一些较小的国家或地区正在变强,特别是爱

尔兰、以色列、中国台湾、新西兰、荷兰、芬兰和澳大利亚尤为突出,而美国、日本、中国和印度尼西亚的优势则有所减弱。

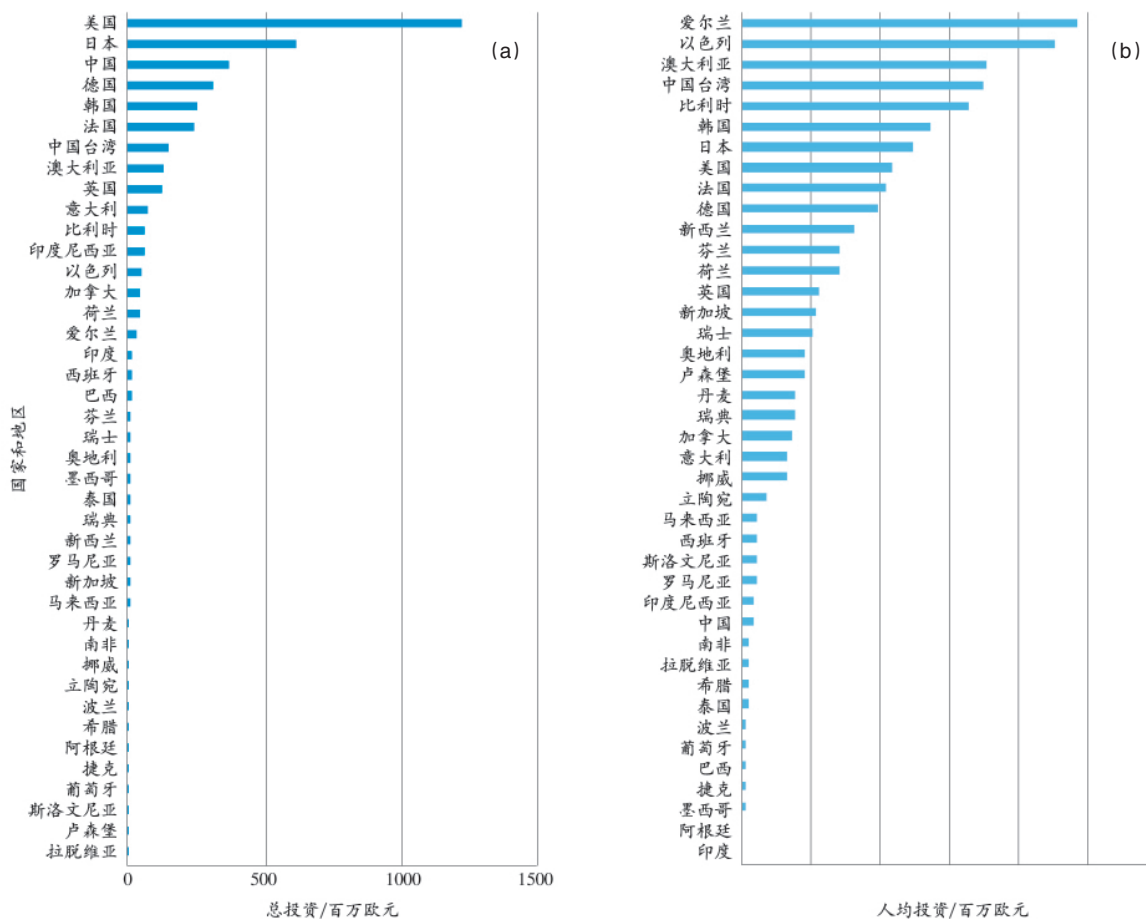


图 2 2004 年各国(地区)纳米技术公共研发投入

数据来源:EC, 2005。

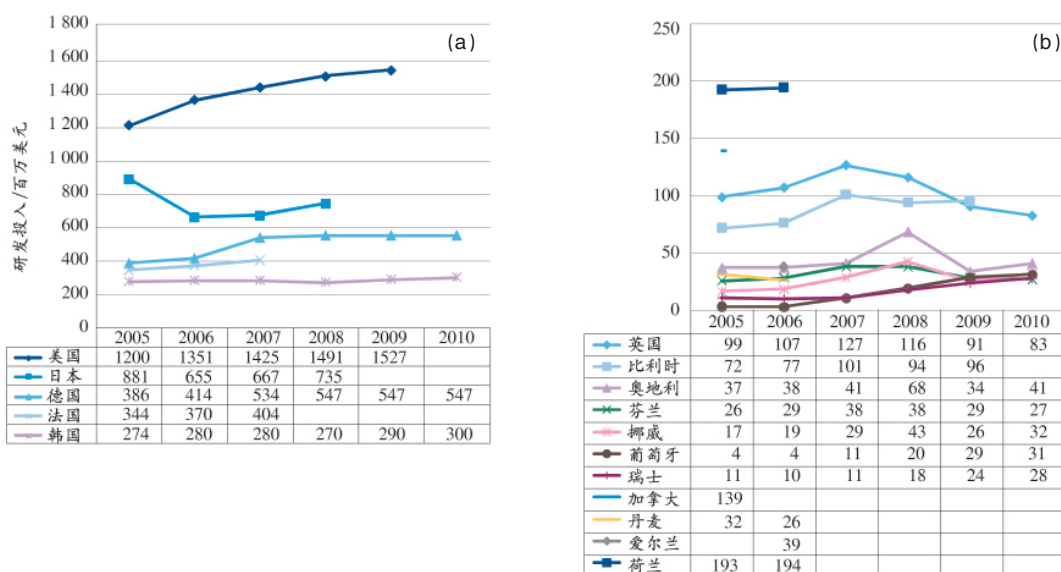


图 3 2005—2010 各国(地区)纳米技术公共研发投入

注:2008—2010 年数字为估计值。

数据来源:纳米技术工作组所做的政策问卷调查,2008。

来自 OECD 纳米技术工作组 2005—2010 年的新数据证实了美国、日本及大的欧盟国家(德国、法国和英国)的优势地位(图 3)。同时,新数据表明韩国也成为其中的重要一员。总体上,目前纳米技术公共研发投入水平预计在大多数国家呈增长态势(尽管由于诸如经济危机的缘故,对于 2007 之后的估计要慎重解读)。

当考虑纳米技术公共研发投入的相对份额(即占总投入的比例,基于 2006 年数据并以购买力平价予以调整)时,一些较小国家再度凸显(图 4)。较之日本和美国,荷兰、爱尔兰、比利时及韩国在纳米技术领域的公共研发投入比重相当高。其他较小国家如丹麦、奥地利、芬兰和挪威,水平则同日本和美国相当。

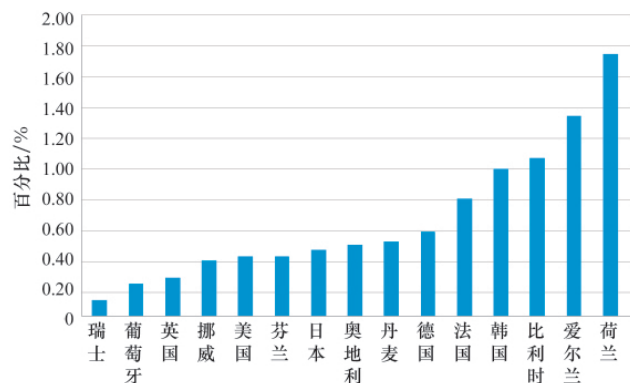


图 4 2006 年各国(地区)纳米技术相对公共研发投入

注:根据购买力评价调整。

数据来源:纳米技术工作组所做的政策问卷调查,2008。

私营机构研发投入数据同样来自欧盟报告。图 5 展示了欧盟、美国、日本及世界其他国家的研发投入结构。各国(地区)在研发投入结构方面存在明显差异:较之欧盟和其他国

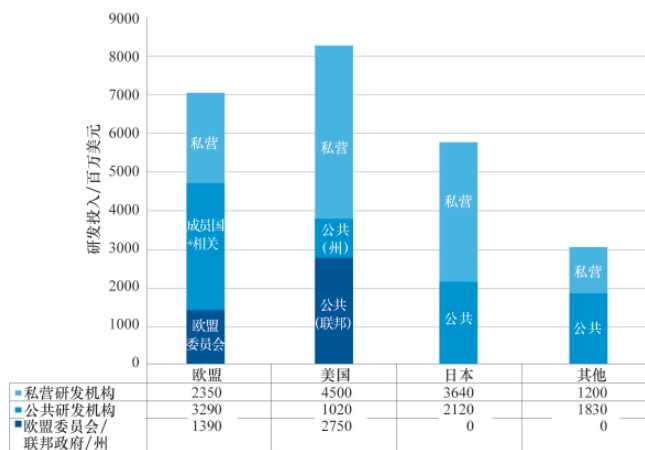


图 5 2004—2006 年美国、日本和欧盟研发投入结构(按机构类型)

数据来源:文献[1]。

家,美国和日本私营机构的研发投入明显高于其公共研发机构(如果将来自欧盟委员会以及其成员国的资助均包括在内,结果更是如此)。这一研发投入结构上的差异很有意义,并且有必要在获得更为详细的数据后对其进行进一步的分析。

2.2 纳米技术论文分析

2.2.1 关于分析方法

本部分内容主要是基于关键词检索算法抽取纳米技术相关论文数据集(该算法由美国佐治亚理工学院公共政策学院的研究小组开发),论文数据来源为汤森路透集团的 ISI Web of Knowledge 数据库^[9]。利用该关键词检索算法共得到截至 2008 年 1 月 1 日的纳米技术论文 563497 篇,约占数据库学术论文总量的 3%。在此,需要强调的是,纳米技术相关论文数量变化明显取决于检索算法所采用的对纳米技术的界定以及数据来源本身^①。因此,相应地,本报告更多关注纳米技术论文随时间发展的趋势,而不是绝对数量。

通过著者机构可以将论文同国家相对应,结果显示,少数大国在科学研究活动中占据主导地位^②。从纳米技术相关论文所占份额的国家分布看(如图 6 所示),很明显,占优势的分别为美国(22%)、中国(11%)、日本(10%)、德国(8%)、法国(6%)和英国(5%)。上述 6 个国家纳米技术相关论文占论文总量的 63%;同时他们也是纳米技术研发的传统优势国家(同样表现在论文总量方面)。

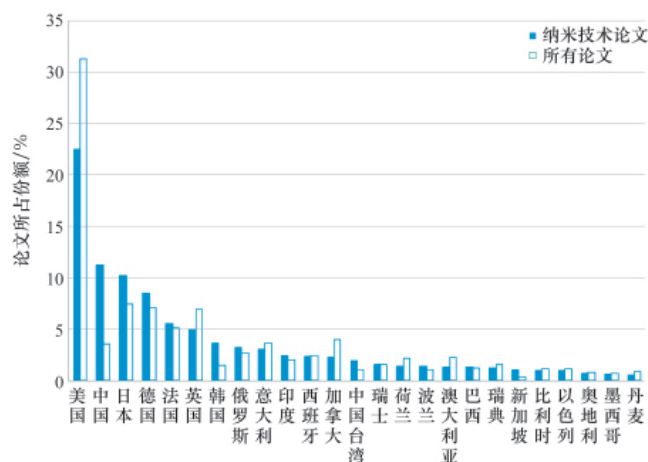


图 6 1991—2007 年各国(地区)纳米技术相关及全部论文份额

数据来源:ISI Web of Knowledge,2008 年 1 月。

当考察纳米技术论文的相对份额时,只有中国、韩国和新加坡表现显著。由于该指标反映了研究人员的研究关注点,因而该结果表明发展中国家在纳米技术相关研究中正在发挥日益重要的作用。其他国家和地区虽然不十分显著,但同样表现出对纳米技术的关注,包括日本、德国、法国、俄罗斯、印度、波兰、中国台湾和其他一些较小的国家和地区。与之形

① 详见:Porter(2006) and Li et al. (2007) for a further discussion on the variability in the number of publications and patents.

② 对于同一篇论文而言,因其可能同属于不同国家,故而可能产生论文国家总数同论文总数不一致的情况。对此,解决方法是采用分数计数,将论文按照机构作者进行比例分配(不过计算可能相对复杂)。

成对照的是,美国、英国、加拿大和澳大利亚则在论文总量上有着突出的表现。

2.2.2 总体趋势及各国(地区)发展状况

整体上,纳米技术相关论文保持持续增长并且增长率明显超过文献的整体增长率。这可能缘于各国科技创新政策对纳米技术的持续关注,其中以美国“国家纳米创新行动计划”以及日本和欧盟所发起的类似举措为代表。但是,也可能是由于一些极为重要的科学发现导致了对纳米技术的关注,反过来促进了其应用,并进而促使研究人员的关注点从邻近领域(如生物学、一般工程学)转向纳米技术领域。

图7显示了过去一段时期内(1990—2007年)包括中国、OECD国家以及欧盟(所有27个成员国)等在内的全球所有主要经济体纳米技术论文数量的增长情况^①。

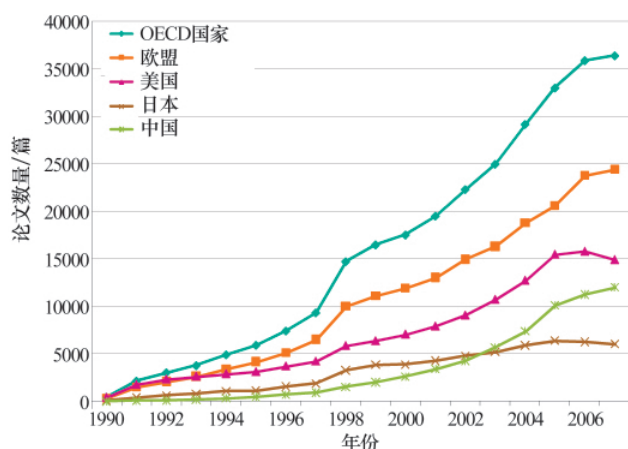


图7 1990—2007年主要国家(地区)纳米技术相关论文数量

欧盟的纳米技术相关论文增长十分显著。美国和日本的发展则如预期的那样主要基于其在纳米技术文献的总量优势。而中国纳米技术论文的迅速增长特别值得关注。在论文总量上,中国已经超越日本,并接近美国和欧盟,并且可能很快在所有纳米技术相关论文中拥有显著份额。Michelson(2008)认为,中国开始在纳米技术研发方面扮演重要角色,并正因此而成为其他国家的重要合作伙伴。但是,Appelbaum和Parker(2008)也指出,目前中国在纳米技术商业化方面明显落后。

图8则阐释了各国(地区)纳米技术相关论文的年均增长率,以及同论文总体增长率的对比情况。正如预期,在纳米技术相关论文总量上占优势的国家(美国、日本、德国、英国和法国)其年均增长低于中国、韩国、印度、中国台湾及新加坡等新兴国家和地区(尽管这些国家的起点很低)。而巴西、波兰、西班牙、澳大利亚、加拿大以及俄罗斯等国家的纳米技术相关论文也增长迅速且增长率超过平均水平,同样令人关注。

2.2.3 论文的重要性及科学结构

如前所述,论文数量在总体上反映了过去一个时期各个

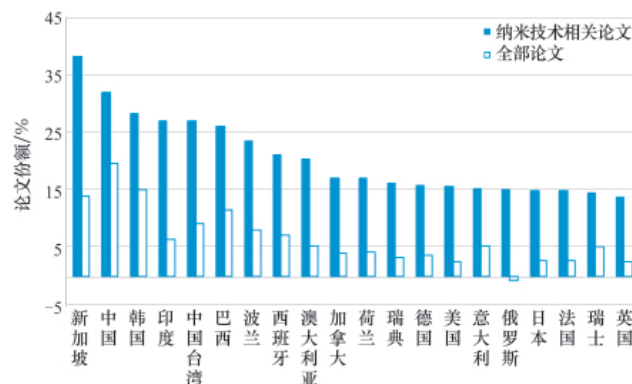


图8 1996—2006年各国(地区)纳米技术相关及全部论文平均年增长率

注:纳米技术相关论文增长率最高的前20个国家(地区)。

数据来源:ISI Web of Knowledge, 2008年1月。

国家和地区的总体发展情况。但是,论文的重要性则不同。论文数量可能仅仅反映国家科学活动的整体水平,并不能真正体现其质量。而论文之间的引用情况则可以用于衡量论文的重要性,比如,某一特定论文被其后论文引用越多则表明其质量越高,基于这一假设可以利用高被引论文来确定高被引论文集。

Igami和Saka^[10]在其研究中,将1999—2004年间来自ISI Web of Science数据库的47218篇论文划分为高被引论文(核心论文,基于预先设定的引文阈值)和引用论文(引用这些核心论文的论文)。他们认为这两个指标能揭示各个国家在特定领域科学前沿(核心论文)中所处的位置及其在这些科学前沿的“赶超”情况(引用论文)。图9即反映了在“纳米科学与材料”领域,由上述两个指标所反映的各个国家的具体位置。

图9进一步阐释了美国的主导地位,同时也揭示了衡量论文重要性的阈值标准。除此之外,还反映出,日本总体表现良好;而欧盟国家在化学合成、超导体以及量子计算等子领域具有优势(子领域在图中未显示);中国、韩国、印度及中国台湾等亚洲国家和地区则在纳米材料与仪器子领域方面表现抢眼。Igami和Saka的研究结论认为,从“引用论文”的增长来看,中国尤其显现出在纳米技术科学前沿的赶超态势。而基于论文的质量阈值考察,中国的崛起同样令人关注(文献[11]也得出了类似结论)。

最终观点是根据不同科学领域同这些论文的关联考察纳米技术相关论文的知识基础。纳米技术研究的多学科特质应当表现为作为论文知识基础的科学领域的广泛性,并且特别体现在这些领域之间的相互影响方面。为此,实际采用的方法是对特定时限的所有纳米技术论文随机样本(数量大约为900篇)进行分析。主要关注论文的主题分类(SC)。表2给出了1991、1995、2001及2005年所有论文的主题分类的分布情况。

^① 由于同一篇论文可能同属于不同国家(地区),所以美国、欧盟和日本的论文总数超过了OECD的论文总数;同其余国家(地区)相比,来自美国、欧盟和日本的作者在论文中出现的频率相对要高。

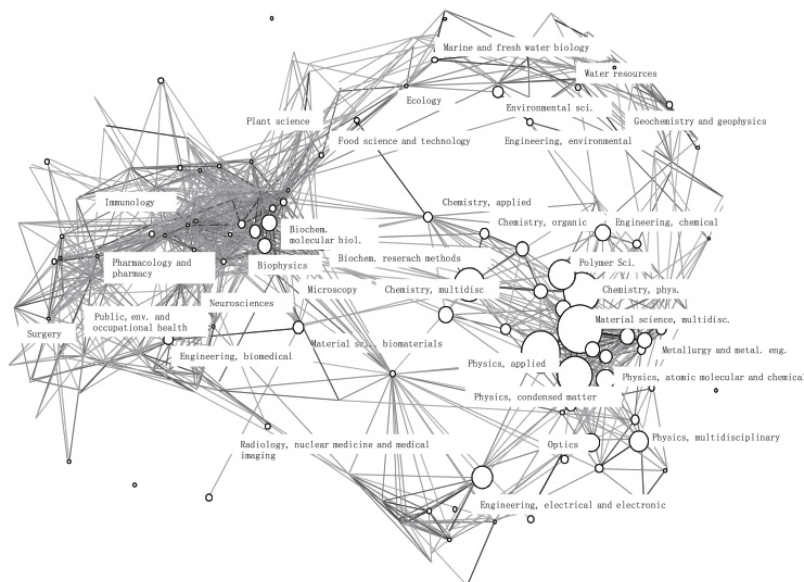


图 10 2005 年纳米技术相关论文科学领域结构

数据来源:文献[12]。

2.3 纳米技术专利分析

2.3.1 关于分析方法

本报告的所有纳米技术专利申请均来自欧洲专利局 (EPO),截止时间为 2008 年 1 月 1 日 (与前述论文数据的检索截止时间相同)。如前所述,由于考虑到同族专利的问题 (避免重复计算),最终将 PCT 专利申请数据集缩减至 9848 件专利^①。基于数据的完整性和覆盖面的考虑,本分析关注申请专利而非授权专利。因为 PCT 专利申请的公开时间平均要比专利授权早 18 个月,因此专利申请数据的时效性更好。不仅如此,申请专利反映了正在进展中的活动,而授权专利仅仅包括了那些最后未被撤回或驳回的专利 (为明晰起见,在此不区分申请专利和授权专利之间重要性的差别)。所有数据所显示的随时间变化的趋势均基于专利申请的优先权日期,而优先权日期同发明日期最为接近。最近的完整的年度数据来自 2004 年,同时也包含 2005 年的数据。

专利可以通过发明人的附属关系来确定其所属国家,较之论文,这使得数据的偏颇更为明显。美国纳米技术专利占到全部纳米技术专利的 48%,其次是日本 (14%) 和德国 (10%) (如图 11 所示),其余国家专利份额均不超过 5%。这意味着每个国家所拥有的专利数量少于 500,而大多数国家少于 50。从各国纳米技术专利所占份额同其专利总量所占份额的比较来看,美国和日本的纳米技术专利份额十分高,而德国则很少。其他国家则在整体的专利申请方面表现更为活跃。与论文数据相对照,本报告中所有国家的专利图表均基于专利发明人所属国家专利数据的百分比绘制^②。

2.3.2 总体趋势及国家(地区)发展状况

与论文相比,专利数量仍然相对较少 (专利总数为 9848,

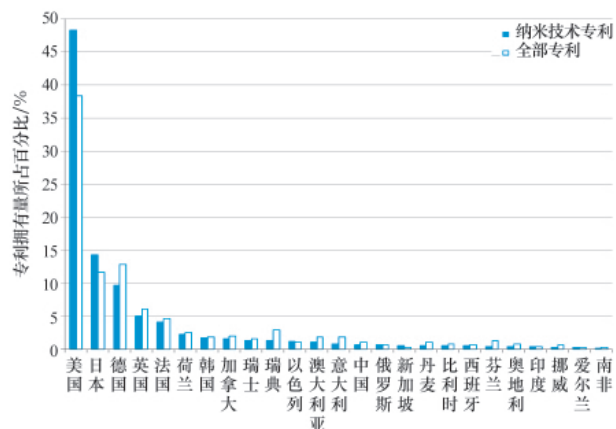


图 11 至 2005 年纳米技术及所有专利国家(地区)分布

注:累计纳米技术优先权专利所占份额最多的前 25 国家/地区。

数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

而论文总数为 563497),对于新兴技术而言情况尤其如此。尽管纳米技术专利申请的增长明显超过专利总量的增长,但增长刚刚开始,并且起点很低。纳米技术专利申请可能是受到 20 世纪 80 年代中期以来关键仪器设备发明 (如 STM 和 AFM 的发明) 的引入及其应用不断拓展的促动。同论文相似,专利申请的快速增长始于 20 世纪初期,同样因美国纳米技术国家创新行动计划及其他欧洲及亚洲国家和地区纳米技术发展计划的带动而日臻成熟^[13]。

图 12 显示了包括 OECD 国家在内的世界主要经济体 (国家和地区)1995—2004 年间纳米技术专利数量的变化趋势。除中国以外,其他国家或地区专利方面的增长趋势同论文相似。

总体而言,纳米技术专利发展同生物技术有些相似,均

① 据粗略估计约有 35% 的 EPO 纳米技术分类专利 (包括申请和授权) 为同族专利。

② 即每一发明人所属国家按照发明人被分配以相应比例的专利数量。由此,专利国家总数同专利总数相对应,该方法不同于上述的论文国家统计。

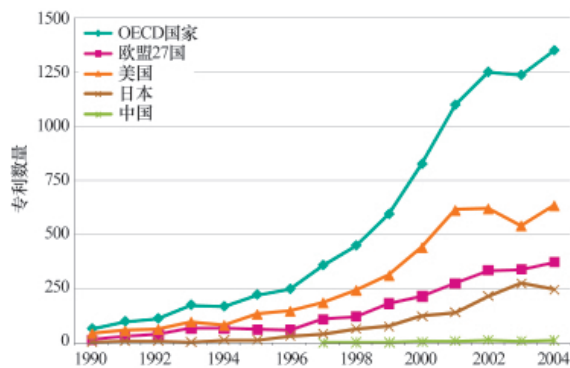


图 12 1990—2004 年各国(地区)纳米技术专利数量

数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

基于某些关键发明的出现与推广。如果分别以推动生物技术和纳米技术专利研发的关键发明的出现时间作为其各自的发展基准时间(生物技术为 1973 年(DNA 重组技术),纳米技术为 20 世纪 80 年代(STM 和 AFM)),则可知生物技术和纳米技术具有相近的发展时滞(即从出现到迅速发展所经历的时间),均为 12—13 年。这说明二者在发展源起上具有相似性,如均依赖于基础科学的发展。

图 13 阐释了纳米技术专利增长最快的 25 个国家的专利年均增长率同专利总体增长情况的对比。正如预期,具有专利整体优势的国家其专利增长率相对较低,而后来跟进的国家则较高。韩国、印度、波兰、中国和俄罗斯跻身纳米技术专利增长最快的前 10 个国家之列,同日本和法国两大传统强国比肩。数据显示,尽管后来者的起点很低,但跟进迅速,纳米技术研发的主导力量正在由美国和欧盟转向“金砖四国”(巴西、俄罗斯、印度和中国)及韩国。

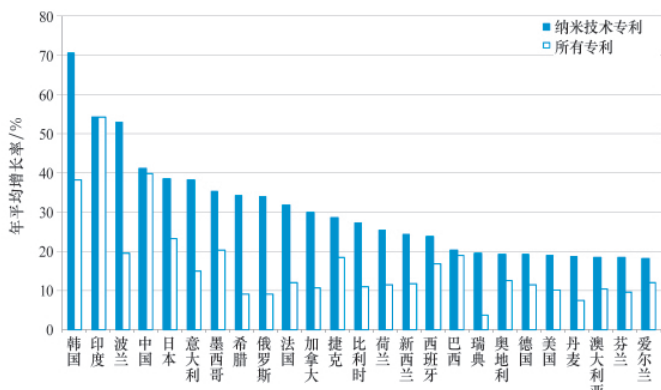


图 13 1995—2004 年各国(地区)纳米技术专利及所有专利年平均增长率

注:为纳米技术专利增长率最高的前 25 国家(地区)。

数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

上述结果同此前的论文分析结果相符。在考察美国专利与商标局(USPTO)的纳米专利申请情况时,这种增长趋势同样十分明显。不仅如此,即使专利所属国的界定是基于专利

所有人而非专利发明人,所得出的结论仍然相同(专利的国家分布)。尽管近年来加拿大及其他一些欧洲国家专利增长排名不断提升,但在其他类似研究中由于存在国家倾向而使得美国在专利方面的优势更加凸显。

2.3.3 专利申请国家(地区)分布

研发活动的特征之一是其具有地区取向而非均衡地分布于各个国家。那么纳米技术的研发是否同样集中于特定地区?这些地区是否为传统热点地区,如顶尖大学、重要研究人员及工程师、大型支柱企业集中地区,或者创新环境优越地区?专利所属地区可以通过发明人所在地区的邮政编码予以确定。

图 14 表明,与总体的专利申请相比,纳米技术专利申请在这些重要国家中更显著地集中于特定地区,这一结果或许能说明纳米技术对特定仪器设备及其他研究设施,以及高校科学研究的依赖性。但是,纳米技术专利申请的地区集中度高于平均值的部分原因是用于指数分析的专利数量较少造成的。

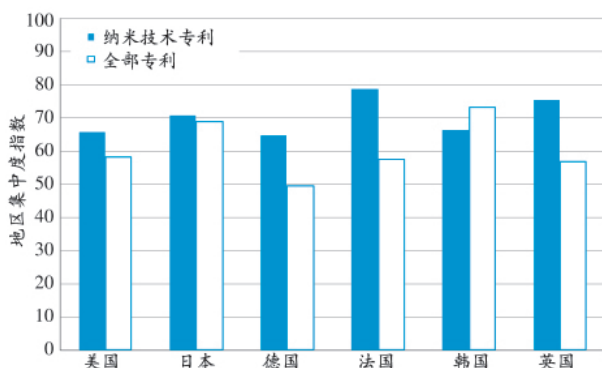


图 14 2005 年各国(地区)纳米技术及所有专利地区集中度

注:图中所示国家为 2005 年专利申请量超过 50 件的国家。

数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

表 3 给出了 2003—2005 年拥有专利最多的 20 个地区的累积专利分布情况。在此时段内,这 20 个地区的专利量占纳米技术专利总量的 44%(基于纳米专利所属 228 个地区)。如预期那样,这些地区中占绝对优势的是美国传统高科技热点地区,其次为日本东京、法国以及英国的一些特定地区(后两个国家的地理集中度指数高于平均水平)^①。

需要说明的是,上述在纳米领域专利申请具备优势的 20 个地区,其专利申请量也占到全部专利的 35%。Youtie 和 Shapira^[4]有关美国的案例研究进一步证明了这一结果。两项研究结论为:纳米技术专利申请集中于在其他新兴技术(主要为信息通讯技术和生物技术)方面有经验的地区。在其他案例中,新研究机构和中心在研发地区集中度的提高方面发挥着重要作用:法国朗龙-阿尔卑斯地区的微纳米技术创新中心(MINATEC)和荷兰 Twente 大学 MESA+纳米研究中心均

① 由于以色列被作为单独的国家(地区)考虑,故其排名居前。

表 3 2003—2005 年纳米技术专利申请地区分布

地区	所属国家	专利数量 /件	所占比 例/%
圣何塞-旧金山-奥克兰	美国	285	6.8
东京	日本	226	5.4
波士顿-伍斯特-曼彻斯特	美国	217	5.2
神奈川	日本	114	2.7
纽约-纽华克-布里奇波特	美国	109	2.6
洛杉矶-长滩-河滨	美国	109	2.6
首都地区	韩国	72	1.7
北荷兰-布拉班特	荷兰	72	1.7
明尼阿波利斯-圣保罗-圣克劳德	美国	70	1.7
奥斯汀-朗德罗克	美国	67	1.6
朗龙-阿尔卑斯	法国	61	1.5
Île de France	法国	58	1.4
茨城	日本	57	1.4
大阪	日本	57	1.4
费城-卡姆登-瓦恩兰	美国	56	1.3
以色列	以色列	55	1.3
华盛顿-巴尔的摩-北弗吉尼亚	美国	49	1.2
圣迭哥-卡尔斯班-圣马科斯	美国	44	1.1
芝加哥-内伯维尔-密歇根城	美国	43	1.0
东南英格兰	英国	42	1.0

注:表中所列地区为 2003—2005 年拥有纳米技术专利数量最多的前 20 个地区。

数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

是极好的例证。

2.4 论文与专利之间的关系:非专利文献引用

论文分析揭示了纳米技术广泛的科学基础及多学科特性。事实上,研发活动跨跃了从基础研究到应用研究的连续范围,不可能界定基础研究和应用研究。但是,专利数据同时包含了引文信息,即专利同时引用此前的专利和研究论文。这种引证关系常用于揭示研发活动的本质以及对科学技术知识的依赖性。

本分析关注纳米技术专利申请引文对非专利文献(NPL)的依赖性,并以此作为纳米技术应用领域和基础科学研究之间关联强度的指示。图 15 给出了各个国家和地区的纳米技术专利份额以及与之相对照的其所有专利的份额。该指标进一步确认了纳米技术基于科学的特性(国家/地区之间的差异性可能反映了其研发体系的特性)。有关纳米技术专利更为详细的研究得出了相似的结果(如文献[15])。

Igami 和 Okazaki 的研究^[16]对纳米技术专利非专利文献引文进行了更深入的分析。结果显示:自 20 世纪 90 年代早期开始非专利引文的比例持续下降,而与之相对应,专利总体非专利引文份额则一直保持稳定。这说明,由于其所依赖的早期特定关键科学研究的减弱,纳米技术领域的研发开始更多地依赖应用研究。研究同时发现约 50%的纳米技术专利未

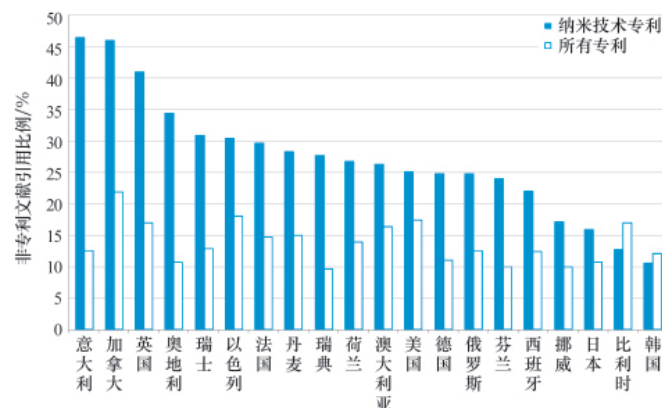


图 15 至 2006 年各国(地区)纳米技术专利及所有专利的非专利文献引用比例

数据来源:OECD 专利数据库,2006 年 12 月。

包含任何非专利引文。因此,如果论文和专利数据能够揭示基础研究与应用研究之间的差别,则说明纳米技术的出现是受科学和技术双重驱动的结果。该发现同时符合有关“自上而下”和“自下而上”的纳米工程学的解释,而后者似乎更基于科学。

2.5 小结

(1) 根据研发投入数据,美国、欧盟和日本为纳米技术研发活动主要国家和地区。考虑到国家规模的差异,一些较小的国家同样显现出纳米技术研发的活力。如果不考虑持续的经济危机影响,则 2008—2010 年大多数国家和地区纳米技术研发投入持续增长。

(2) 论文与专利数据可以进一步揭示新技术发展早期阶段的研发特质。通常对于这类技术,论文数量要远远超过专利数量。该结论同样适用于纳米技术。不仅如此,纳米技术相关论文及专利的增长率均明显超过论文及专利总量的增长。

(3) 作为研发投入的主要国家,美国、日本和大的欧盟国家同样在论文方面具有优势。中国近年来论文数量增长迅速,同时在拥有高被引论文方面也日益突出。其他一些“新兴”国家和地区(韩国、印度、中国台湾和新加坡)的增长同样令人关注(尽管其起点很低)。纳米技术研究基于广泛的科学领域,表现出明显的多学科性。

(4) 对于纳米技术专利申请,美国显然具有引领地位,大的欧盟国家和日本紧随其后,而其余国家的专利份额均不超过 5%。纳米技术专利研发的迅速发展始于相关关键仪器设备发明之后的 12—13 年,这同生物技术相似。

(5) 分析同时也考虑了非专利引文,将其作为考察技术对科学的依赖程度的指标。一方面,纳米技术专利的科学文献引文比例超过平均水平,从而表明该领域发展至今其基于科学的特质;另一方面,纳米专利的非专利引文所占比例呈持续下降的趋势。

(未完,待续)
(责任编辑 齐志红)