

纳米技术:基于相关指标及统计数据的述评(II)

Christopher Palmberg, Hélène Dernis, Claire Miguet

经济合作与发展组织(OECD)科学、技术及产业理事会

3 纳米技术应用领域及机构分析

3.1 概述

研究及分析人员认为,纳米技术可能发展为下一代通用技术,这意味着纳米技术将很可能迅速发展成为在各应用领域及产业广泛应用的技术^[4-5]。其主要依据是纳米技术使得在基本原子和分子水平更深入地认识和控制物质成为可能,从而有助于改进几乎所有产业的制造工艺。

对纳米技术是否真正具有通用技术的特质进行评价并不在本研究范围之内。这类评析同样取决于是否具备相应的补充技术、创新及机构体制,以及如何看待和解决有关环境、健康和安全问题,以及进而产生的伦理、法律及社会问题。而专利数据能够进一步揭示纳米技术的发展,基于专利数据可以考查纳米技术通过各种应用领域可能对产业结构及经济结构变化所产生的影响。特别地,基于非常完善的技术分类体系(国际专利分类(IPC)),可以揭示专利数据所蕴含的有关发明的工业应用取向。

专利分析采用欧洲 PCT 专利(Euro-PCT)数据,这可以基于 EPO 的专利活动统计反映纳米技术子领域,同时基于 IPC 体系在更为广泛的技术领域进行统计。EPO 分类突出显示了纳米技术子领域的发展,而更广的技术领域分类则可以对那些具有下游应用价值的专利分类。此外,基于应用领域的纳米技术专利分类使得纳米技术专利发展同专利整体的发展之间的对比成为可能。

关于如何揭示纳米技术的使用及应用,另外一种方法是通过机构专利权人分析专利所属机构。而专利发明人的姓名和住址则指示了研发活动的所在地,机构专利权人则是技术商业化开发的法定权利持有人。因此,机构专利权人指示了纳米技术商业化的机构背景(尽管其中可能涉及到发明的法定权力向其他实体转移的问题,如通过交易买卖、专利许可等)。

3.2 纳米技术子领域的专利情况

纳米技术子领域专利的分布情况如图 16、图 17 所示。专利主要集中于纳米材料和纳米电子学子领域,纳米生物技术也占有较大份额,紧随其后的则是仪器与测量、光学和磁学。

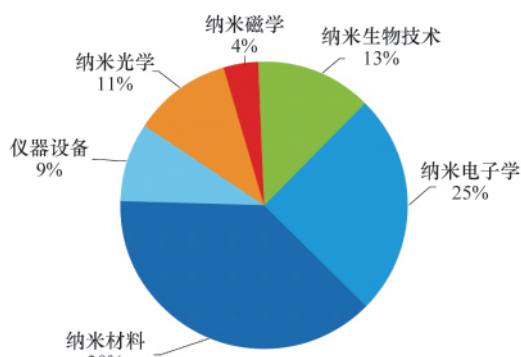


图 16 1995—2005 年专利纳米技术子领域分布

数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

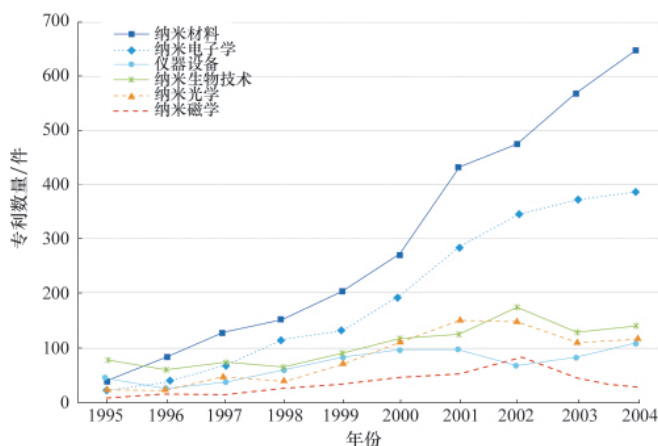


图 17 1995—2004 年纳米技术子领域专利数量

数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

从发展趋势看,纳米电子学领域的专利增长最为明显,其次分别为纳米材料、纳米磁学和纳米光学。其余子领域专利数量保持相对稳定。相对于对纳米生物技术前景的高预期,该子领域并不显著的专利增长结果令人意外。

在展开详细的分析之前,有必要考察纳米技术子领域同大的技术领域之间的关系。图 18 给出了纳米技术相关子领域在主要技术领域的分布情况(共涉及 7 个主要领域)。

纳米电子学专利主要集中于电子学、消费类商品及设备这两大类应用领域;纳米生物技术专利大多分布于医药及生物技术领域,而纳米材料专利则集中于化学与材料、工业加工、机械、力学及运输等领域。总体上,纳米材料与仪器子领域出现在所有应用领域,反映了其通用特性。

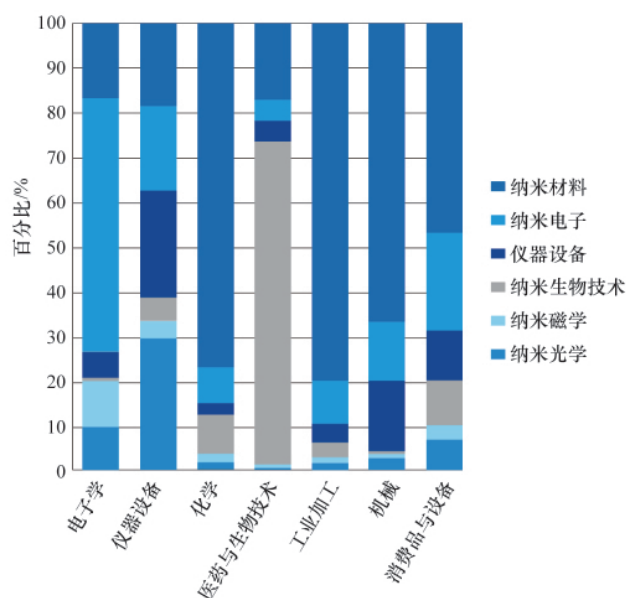


图 18 至 2005 年纳米技术子领域专利主要应用领域分布
数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

3.3 纳米技术申请领域的专利情况

从各应用领域的纳米技术专利申请(图 19)看,纳米技术专利申请最为活跃的是纳米电子学,即同电子学应用有关的专利申请增长迅速;化学与仪器领域专利增长也十分显著。其次是医药、生物技术及工业加工领域,而机械工程、机械、消费类商品与设备等领域专利增长不十分显著。尽管如此,纳米技术专利的潜在经济价值可能极为显著,如纳米生物技术及其在医药产业中的应用可能在短期内带来意想不到的突破。

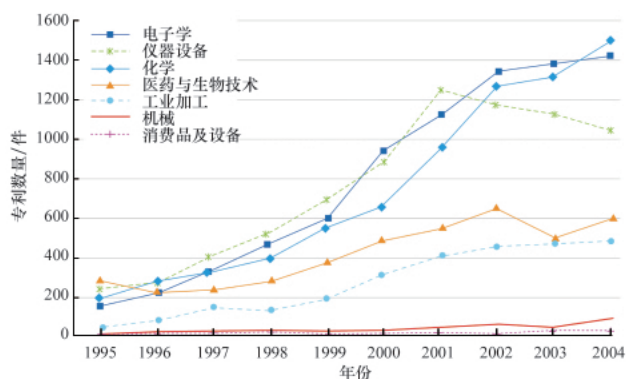


图 19 1995—2004 年主要应用领域纳米技术专利数量
数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

为揭示专利数量众多的电子学、仪器设备、化学与材料、医药与生物技术以及工业加工等领域的发展,这 7 个主要领域被进一步分解。图 20 显示了被进一步分解的各子领域纳

米专利及该领域所有专利的年均增长情况。纳米电子学领域的显著增长归功于信息技术和半导体领域纳米技术专利的迅速增长。电器、通信及视听技术领域纳米技术专利增长十分缓慢,但其专利总量则具有极高的增长率,表明这些领域专利的迅速增长并非主要源于纳米技术的贡献。

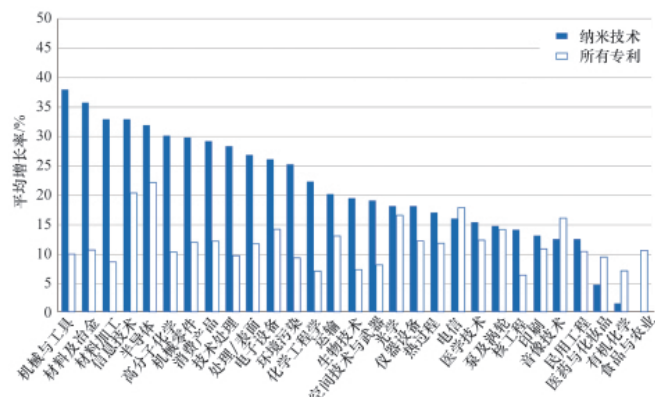


图 20 1995—2004 年各应用领域纳米技术
及所有专利年均增长率

数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

在信息技术及半导体子领域纳米技术专利的申请情况同这些产业的发展路线图相符合,而且自上而下的纳米工程学的进步同微处理器发展有关。根据摩尔定律,晶体管的数量每两年翻一番,从而实现了其在集成电路中的低成本应用,这为半导体产业的发展奠定了基础。纳米技术发展可能仍遵循甚至超越此规律,这是激发该领域研发的主要动力。

自下而上的方法对于纳米工程学而言可能更不连续并更具科学取向性。它关注单个原子与分子的合成、特性及建模以实现更大实体的构建。这常常被认为是纳米技术和生物技术相融合的有利因素。自下而上的方法或许还需要更多物理学、化学及生物学之间跨领域的合作。在此背景下,值得指出的是,纳米技术专利申请在分子化学、化学工程学以及生物技术子领域也显示出高的增长率。

材料与冶金以及材料处理子领域纳米技术专利申请也增长迅速且超过该领域专利总体增长速度。此外,环境与污染子领域专利增长迅速,特别是其纳米技术相关专利。但是,这些子领域大都专利数量较少,从而难以对其高的增长率予以解释。

3.4 纳米技术专利的机构分布

专利申请机构的确定有赖于有关机构专利权人的信息,并借此对个人、私营企业、政府、大学、医院及私人非营利组织进行区分。图 21 展示了纳米技术专利在上述机构的分布情况。尽管在纳米技术专利所属机构中,企业占据优势,但其纳米技术专利份额低于其总体专利份额(2005 年,82%的 PCT 专利申请来自企业,其次是大学 5%,政府 3%)。相应地,对于全部专利而言,纳米技术研发的商业化更多来自大学。

在整个主要应用领域,纳米技术专利机构分布没有显著的变化,但其在国家的分布上变化极为显著(图 22)。日本近

如预期的那样,来自美国、日本和欧洲的跨国公司占据优势,如荷兰飞利浦公司、美国惠普公司、日本 NEC 公司、美国英特尔公司、美国 3M 公司、日本松下公司、日本佳能公司、美国 IBM 以及美国伊士曼柯达公司。在上述主要电子企业,自上而下的纳米工程学方法的应用已经有相当长时间。尽管如此,一些小公司如美国的 Nantero 和 Nanosys,德国的 Evonik 和 Infineon Technologies,同样表现突出。同样显著的还包括美国和日本在大学或公共研究机构。

3.5 小结

(1) 纳米技术研发在不同子领域和应用领域广泛分布。最为活跃的子领域是纳米材料和纳米电子学。纳米材料因其通用特性使得其应用分布于更下游的广泛领域;而纳米电子学则主要局限于电子学、机械及消费类商品等领域的应用。

(2) 电子学、化学及仪器设备等应用领域的纳米技术专利申请增长最快。纳米专利申请增长超过平均增长水平的子领域包括机械与工具、材料与冶金、材料处理、信息技术及半导体领域。对于信息技术和半导体领域,其纳米技术专利的迅速增长可能与“自上而下”的纳米工程学在电子产业的应用有关。而与之相比,“自下而上”的方法在专利中较少体现。

(3) 尽管主要的纳米技术专利申请来自企业,但在整体专利申请方面,大学则更为活跃。因此,从大学到企业的技术转化可能成为纳米技术商业化的关键。

(4) 在纳米技术专利的机构分布方面,美国、日本和欧盟的跨国公司拥有统领优势。这些公司主要来自电子产业。但少数较小公司也位居前列,同时还包括美国、日本的大学及公共研究机构。

4 国家位置及其纳米技术专门化

4.1 概述

纳米技术的潜在应用范围极为广泛,表明在研发投入方面进行优先配置极为重要。各个国家对纳米技术的研发投入可能会瞄准那些具有极高预期发展前景的应用领域。他们可能寻求借助纳米技术改进已有产业,或者通过企业的技术多样化支持新的纳米技术产业而实现从纳米技术中获益。各国所采取的方式将受到其现有的专门化模式的影响。纳米技术可以促进现有专门化领域及重要产业创新的增长,也可以为不连续创新和新的专门领域的逐步建立奠定基础。

纳米技术专利分析可以被扩展用于考查国家在纳米技术应用领域的发展水平及其专门化模式。在此背景下,最常用的指标是“技术优势显示(RTA)指数”及基于该指数的不同修正指数。技术优势显示指数最简单的表达形式为,计算一个国家在专门应用领域的专利申请所占比例,以及相应的国际申请所占比例。RTA 指数的计算可以以时间为基准,也可以采取其他基准,具体取决于不同的分析目的。该指数源于国际贸易理论,被广泛用于分析国家的竞争优势及其专门化情况(基于其出口)。

使用 RTA 指数作为指标的缺点在于,它所考查的是所有

国家而非某一国家在某一新兴技术领域专利活动的增长。在这种情况下,特定领域某国家的专门化指数将会下降,而事实可能并非如此。同时,当分析以国际专利申请为基准时,该指数对国家专利数量较少的情况十分敏感。尽管如此,RTA 指数分析可以为揭示国家在纳米技术应用领域的发展水平及其专门化模式提供有益的参考,并且 RTA 指数分析结果也可以作为讨论纳米技术研发及创新的劳动力国际分工的基础。

4.2 纳米技术子领域及应用领域专利申请的国家和地区分布

图 23 展示了纳米技术子领域专利申请的国家和地区分布情况。尽管大多数国家和地区在各个子领域的专利申请都很活跃,但美国在德国在纳米电子学子领域的专利份额十分突出;韩国、比利时、中国和芬兰则在纳米材料领域拥有较高份额。

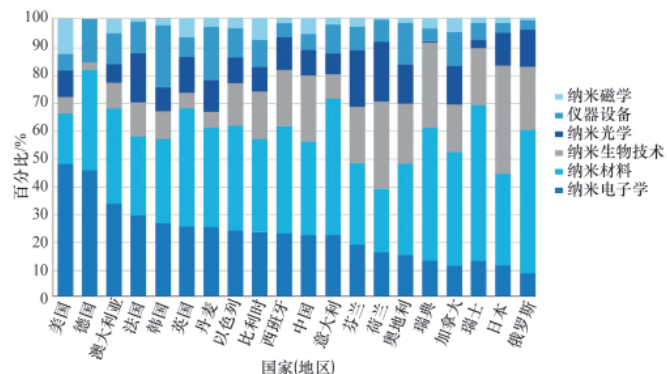


图 23 至 2005 年各国(地区)纳米技术专利子领域分布
数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。

图 24 显示了上述国家纳米技术专利在应用领域的分布状况。美国、日本、英国、荷兰、加拿大、瑞士、瑞典、以色列、俄罗斯和奥地利等国家,其纳米技术应用增长最显著的领域主要在电子学和仪器设备领域。法国、澳大利亚、意大利、中国、比利时和芬兰则集中于化学、材料学、医药及生物技术领域,其中有些国家增长率较低。德国、韩国、以色列、丹麦和西班牙占据中间位置,其纳米技术专利在所有应用领域的分布相

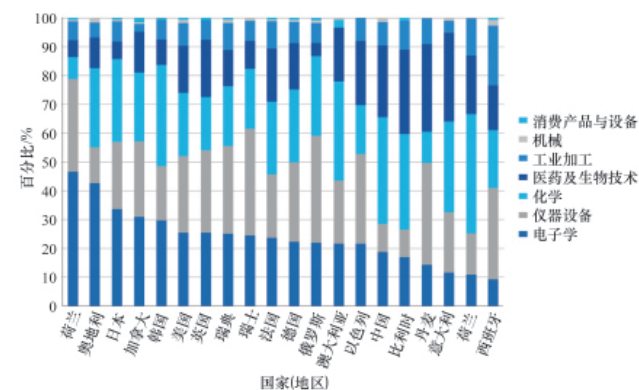


图 24 至 2005 年各国(地区)纳米技术专利应用领域分布
数据来源:OECD 专利数据库,2008 年 1 月。



应用方面表现出多样化的特征,同其广泛的整体专门化模式相适应。

(4) 基于多数国家在该领域的已有实力,电子学成为纳米技术被广泛应用的领域。仪器、化学、医药以及生物技术领域则表现出新技术赋予其活力的特征,纳米技术使该领域已有技术的应用多样化。这些结果可能一方面反映出自上而下的纳米工程学在电子学领域的显著增加,另一方面则反映了自下而上的方法其更为不连续的特质,如医药和纳米生物技术领域。

5 结论

纳米技术被普遍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,特别是在诸如有关能源、卫生保健、清洁水以及气候变化等全球性挑战日益严峻的形势之下。世界各国政府已经在研发方面进行了大规模投入,同时,企业也正在越来越多地参与其中。尽管如此,纳米技术开发方面的投资和企业的研发活动仍然难以被监测。本报告旨在基于对相关指标和统计数据的分析全面阐述纳米技术领域的发展状况(同时,应当承认在深入拓展并开发纳米技术测度体系方面尚需进一步的工作)。

纳米技术开发主要是受到 20 世纪 80 年代相关关键仪器设备发明的促动,并自此开始在不同技术和应用领域迅速发展。但迄今为止,纳米技术仍然处于发展初期,其未来尚难以预测。根据目前的预测,未来几年中,全球市场纳米技术产品所创造的价值将到达 1500 亿—31000 亿之间,同时将带来约 200 万个新的工作机会。但是,这些预测还无法确定纳米技术对于现有产品制造过程的附加值,以及其对于创造新产品的具体作用。同时,必须指出:这些预测并没有将始于 2008 年 10 月的经济危机因素纳入考虑。

研发投入、论文及专利的全球分布表明纳米技术相关研发活动集中于少数国家和地区。美国占据统领优势(具体主要集中于旧金山、波士顿、纽约和洛杉矶等地区),其次是日本和一些大的欧盟国家(德国、法国和英国)。但如果考虑到国家体量,一些较小的国家同样表现得极为活跃。对于迅速跟进的国家,如韩国、印度,尤其是中国也值得关注。上述这些国家的特点是:尽管起步水平很低,但论文和专利总量增长迅速。纳米技术研发主导力量可能正在逐渐由传统纳米技术强国向其他国家和地区转移。

论文数据揭示了科学进步其基础广泛和跨领域的特质,正是这种进步激发了纳米技术的发展。同新兴技术通常所表现出来的特征一样,纳米技术论文数量远远超过专利;同时,其专利引文中科学文献的显著份额也表明纳米技术同科学的关联程度要高于其他技术领域。同生物技术最初的发展相似,在关键仪器及工程技术专利发明出现之后,纳米技术专利研发迅速发展了 12—13 年的时间。对生物技术和纳米技术(以及其他新兴技术)之间的差异和相似之处的深入分析具有重要意义,特别是在揭示这些领域之间的相互借鉴和交

融方面。

纳米技术专利申请广泛分布于相关子领域和应用领域,这反映出作为新兴技术的纳米技术其应用的多样性和技术本身的通用性的特质。大多数纳米技术专利研发集中于纳米电子和纳米材料领域(而电子和材料领域本身就属于通用技术领域)。纳米技术专利增长最显著的应用领域为电子学、化学及仪器设备,同时纳米技术专利增长高于专利总体的增长。虽然就整体而言,大学的专利研发超过企业,但在电子领域的纳米技术研发中,大型跨国公司占据绝对优势。而纳米技术应用之所以在电子学和材料领域迅速拓展,可能是由于“传统的”自上而下的纳米工程学方法日益发展的结果。而更多突破性的底层技术仍然局限于高校实验室。由于“纳米技术”这一概念过于宽泛,难以确定其发展的行业特征,所以有必要对此进行更深入的分析。

专利数据也可以被用于揭示国家在整个纳米技术子领域和应用领域中的具体位置和专门化取向。总体上,各国的专利申请相对倾向于电子学或化学、医药及生物技术领域,同时,大多数国家在纳米材料领域的研发十分活跃。这一结果可能意味着纳米技术创新正在形成一个新的劳动分工,同时,有必要进一步分析不同纳米技术应用领域的适应能力及其商业化潜力。整体而言,美国和欧盟纳米技术应用领域更为多样化,而日本则更专注于电子学领域。不仅如此,在大多数国家,电子学领域因其已有优势而成为纳米技术发展的基础。仪器设备、医药及生物技术领域则成为纳米技术发挥其多样化作用的新领域的代表。

本报告阐明了纳米技术在发展、应用以及商业化过程中的一些特质。为响应未来政策需求,应当结合定性案例分析建立更完善的测度体系,以便为进一步监测和评估纳米技术奠定必要的基础。

参考文献(References)

- [1] Roco M C. The NNI: Past, present and future [M]// Goddard W A, et al eds. Handbook on nanoscience, engineering and technology. Taylor and Francis, Boca Raton and London: CRC, 2007: 3.1—3.26.
- [2] Hullmann A. Measuring and assessing the development of nanotechnology [J]. *Scientometrics*, 2007, 70(3).
- [3] LuxResearch. The nanotech report[R]. Lux Research Incorporated, 2006.
- [4] Lipsey R, Carlaw K, Bekar C. Economic transformations—general purpose technologies and long-term economic growth [M]. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- [5] Youtie J, Iacopetta M, Graham S. Assessing the nature of nanotechnology: Can we uncover an emerging general purpose technology [J]. *Journal of Technology Transfer*, 2008, 33(3).
- [6] Helpman E. General purpose technologies and economic growth [M]. MIT Press, 1998.
- [7] Perez C. Technological revolutions and financial capital: The dynamics of bubbles and golden ages[R]. Edward Elgar, 2002.
- [8] Hall S. Nanofuture[M]. Promenthus Books, 2005.
- [9] Porter A, Youtie J, Shapira P, et al. Refining search terms for nanotechnology [R]. Briefing Paper. Atlanta, United States: Georgia Institute of Technology, 2006.

- [11] Leydesdorff L, Zhou P. Nanotechnology as a field of science: Its delineation in terms of journals and patent [R]. Draft working paper, 2006.
- [12] Rafols I, Porter A. Mapping nanotechnology (1991–2007)[Z]. Manuscript, 2008.
- [13] Huang Z, Chen H, Yan L, *et al.* Longitudinal nanotechnology development (1991–2002): National Science Foundation and its impact on patents[J]. *Journal of Nanoparticle Research*, 2005.
- [14] Youtie J, Shapira P. Emergence of nanodistricts in the United States[J]. *Economic Development Quarterly*, 2008, 22(3): 187–199.
- [15] Meyer M. Patent citations in a novel field of technology: An exploration of nano-science and nanotechnology[J]. *Scientometrics*, 2000, 51(1).
- [16] Igami M, Okazaki T. Capturing nanotechnology's current state of development via analysis of patents [R/OL]. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2007. Directorate for Science, Technology and Industry, OECD, Paris, <http://www.oecd.org/sti/wprking-papers>.
- [17] Bonaccorsi A, Thoma G. Institutional complementarity and inventive performance in nano science and technology [J]. *Research Policy*, 2007, 36.
- [18] Darby M, Zucker L. Grilichesian breakthrough: Inventions of methods of inventing and firm entry in nanotechnology [R]. NBER Working Paper, No. W9825, 2003.
- [19] European Commission. Some figures about nanotechnology R&D in Europe and beyond. 2005.
- [20] Grodal S, Thoma G. Cross-pollination in science and technology: The emergence of the nanobio subfield[Z]. Unpublished manuscript, 2007.
- [21] Heinze T. Nanoscience and nanotechnology in Europe: Analysis of publications and patent applications including comparisons with the United States[J]. *Nanotechnology, Law & Business*, 2004, 1(4).
- [22] Huang Z, Chan H, Chen Z, *et al.* International nanotechnology development in 2003. Country, institution, and technology field analysis based on USPTO patent database [J]. *Journal of Nanoparticle Research*, 2004, 6.
- [23] Igami M, Saka A. Capturing the evolving nature of science, the development of new scientific indicators and the mapping of science[R]. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2007. Paris: Directorate for Science, Technology and Industry, OECD, <http://www.oecd.org/sti/wprking-papers>.
- [24] Kaiser D. Notes toward a nanotech timeline[R]. OSTI Working Paper 6–06–001. 2006.
- [25] Leydesdorff L, Zhou P. Nanotechnology as a field of science: Its delineation in terms of journals and patents[J]. *Scientometrics*, 2007, 70(3): 693–713.
- [26] Leydesdorff L, Rafols I. A global map of science based on the ISI subject categories [J]. *Journal of American Society for Information Science and Technology*, 2008, 60(2): 348–362.
- [27] Li X, Lin T, Chen H, *et al.* Worldwide nanotechnology development: a comparative study of USPTO, EPO and JPO patents (1976–2004)[J]. *Journal of Nanoparticle Research*, 2007.
- [28] Malanowski N, Zweck A. Bridging the gap between foresight and market research: integrating methods to assess the economic potential of nanotechnology[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2007.
- [29] Marinova D, McAleer M. Nanotechnology strength indicators: International rankings based on US patents[R]. 2003.
- [30] McNiven. Overview and discussion of the results of the pilot survey on nanotechnology in Canada [R]. Statistics Canada, Working Paper, BBF0006XIE, No.005, 2007.
- [31] Meyer M. What do we know about innovation in nanotechnology? Some propositions about an emerging field between hype and path – dependency[J]. *Scientometrics*, 2007, 70(3): 779–810.
- [32] Meyer M, Persson O. Nanotechnology – Interdisciplinarity, patterns of collaboration and differences in application[J]. *Scientometrics*, 1998, 42.
- [33] Miyazaki K, Islam N. Nanotechnology systems of innovation – An analysis of industry and academic research activities [J]. *Technovation*, 2007, 27.
- [34] NCMS and NSF. 2005 NCMS survey of nanotechnology in the US manufacturing industry[R]. 2006.
- [35] Mogoutov A, Kahane B. Data search strategy for science and technology emergence: A scalable and evolutionary query for nanotechnology tracking[J]. *Research Policy*, 2007, 36: 893–903.
- [36] Nikulainen T. Identifying nanotechnological linkages in the Finnish economy – An explorative study [R]. ETLA Discussion papers No.1101. 2007.
- [37] Noyons E, Buter R, van Raan A, *et al.* Mapping excellence in science and technology across Europe nanoscience and nanotechnology[R]. Final Report to the European Commission, 2003.
- [38] OECD. Capturing nanotechnology's current state of development via analysis of patents [R]. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2007/4. Directorate for Science, Technology and Industry, OECD, Paris, <http://www.oecd.org/sti/wprking-papers>.
- [39] OECD. OECD science, technology and industry scoreboard 2007 [R]. 2007.
- [40] OECD. Nanotechnology innovation—An overview [R]. secretariat working document, not unclassified. 2008.
- [41] Rafols I, Meyer M. How cross –disciplinary is bionanotechnology? Explanations in the speciality of molecular motors [J]. *Scientometrics*, 2007, 70(3).
- [42] Robinson D, Rip A, Mangematin V. Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology [J]. *Research policy*, 2007, 36.
- [43] Scheu M, Veeffkind V, Verbandt Y, *et al.* Mapping nanotechnology patents: The EPO approach [J]. *World Patent Information*, 2006, 28(3): 204–211.
- [44] Schummer J. Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanosciences and nanotechnology [J]. *Scientometrics*, 2004, 59.
- [45] Statistics Canada. Overview and discussion of the results of the pilot survey on nanotechnology in Canada [R]. Science, Innovation and Electronic Information Division. 2006.
- [46] True Nano [R]. Published by National Institute of Science and Technology Policy, MEXT, 2007.
- [47] Wagner V, Dullart A, Bock A, *et al.* The emerging nanomedicine landscape[J]. *Nature Biotechnology*, 2006, 24(10).
- [48] Zucker L, Darby M. Socio-economic impact of nanoscale science: Initial results and nanobank[R]. NBER Working paper 11181 March. 2005.

(责任编辑 齐志红)

更正

《科技导报》2011年第22期第15页“基于相关指标及统计数据的评述(I)”一文题目应为“纳米技术:基于相关指标及统计数据的评述(I)”。特此更正,并向译者、审核者和读者深表歉意。

《科技导报》编辑部