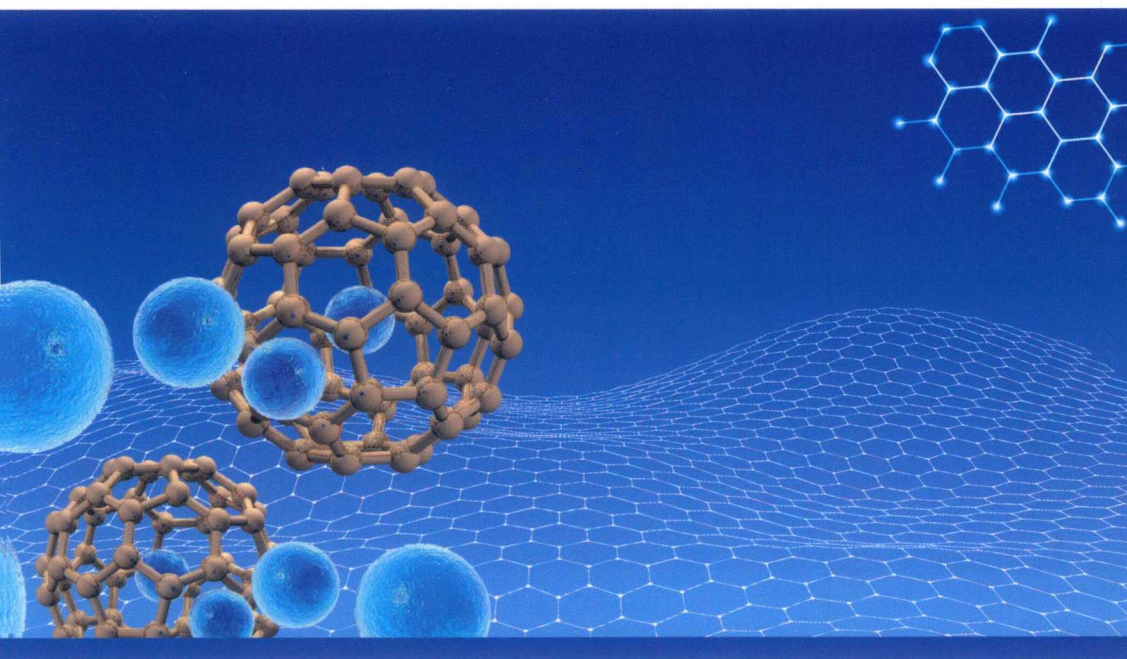


北京市纳米科技产业发展模式及策略

余吉安 任红轩 李 萌 © 编著



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

北京市纳米科技产业发展 模式及策略

余吉安 任红轩 李 萌 编著

 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

北京市纳米科技产业发展模式及策略 / 余吉安, 任红轩, 李萌编著. —北京: 科学技术文献出版社, 2018. 12

ISBN 978-7-5189-4840-6

I. ①北… II. ①余… ②任… ③李… III. ①纳米技术—高技术产业—产业发展—研究—中国 IV. ①F279.244.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 225877 号

北京市纳米科技产业发展模式及策略

策划编辑: 周国臻 责任编辑: 杨瑞萍 责任校对: 张叫噪 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, 58882870 (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 北京虎彩文化传播有限公司
版 次 2018年12月第1版 2018年12月第1次印刷
开 本 710×1000 1/16
字 数 78千
印 张 7.25 彩插2面
书 号 ISBN 978-7-5189-4840-6
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

当前，我国经济正加快由高速增长阶段向高质量发展阶段转变，科技事业也应如此，推动科技向高质量发展转变，势在必行。纳米技术被认为是引发下一场工业革命的新兴技术之一。印刷制造、材料、金属、石化等传统行业已经开始谋求通过纳米技术实现产业转型与升级，纳米化成为多个行业追求高性能目标、复合化技术、绿色化发展的核心手段，是世界经济发展的必然趋势。为适应新时代发展要求，纳米科技产业已经发展成为一种横向产业，渗透于各大产业之中，助推传统产业的升级。同时，纳米产业还为一批战略性新兴产业提供了强有力支撑，如节能环保产业、生物医药产业、电子信息产业、新材料产业、新能源产业等，丰富了国民经济产业结构，促进了经济绿色可持续发展。目前，纳米技术不仅引起了政府层面的高度重视，也让众多大型企业认识到了纳米技术对自身发展的重要性，纷纷在产品研发与生产中引入纳米技术，纳米技术在我国材料、信息、生物医药等行业也已经得到了广泛的应用。

我国纳米领域专利数和论文数量位居世界第一，但相对发达国家来讲，国内纳米领域的基础研究实力强劲，而在产业化方面却有很大差距。北京市纳米科技产业园区作为国家级产业基地，集科技创新、成果孵化、产业支持等功能于一体。纳米科技园区的成立作为促进我国传统产业升级和培育新兴产业的杠杆之一，

推动了纳米技术在能源、电子、环境、生物医药四大领域的应用，促进了纳米产业链的聚集发展。截至目前，已有 46 个项目入驻园区，发展迅速，成效显著。

本研究从经济学和管理学的角度对北京市纳米科技产业特点、发展现状等进行分析，借鉴国内外优秀产业发展模式，深入总结北京市纳米科技产业发展过程中形成的有益模式和经验，提出“政府—技术—人才—市场”四角联动发展模式，以及对应的路径与措施，涉及科技研发、成果转化、产业升级等多个阶段，为后续北京市纳米科技产业快速发展和我国纳米科技产业发展提供借鉴。

1	绪论	1
2	纳米科技产业经济学分析	5
2.1	产业布局	5
2.1.1	产业链布局	5
2.1.2	空间布局	13
2.2	产业结构	14
2.2.1	战略性新兴产业	15
2.2.2	传统产业的升级	21
2.3	产业发展趋势	25
3	国内外纳米科技产业发展状况	27
3.1	国外纳米科技发展状况	28
3.1.1	美国	28
3.1.2	欧盟	31
3.1.3	日本	33
3.1.4	俄罗斯	35
3.1.5	韩国	36
3.1.6	德国	37
3.2	国内纳米科技发展状况	38
3.2.1	苏州	38

3.2.2	上海	41
4	北京市纳米科技产业的发展现状、战略目标与模式 ..	43
4.1	北京市纳米科技产业发展现状	44
4.1.1	北京市纳米科技创新状况	44
4.1.2	北京市纳米科技产业集聚发展状况	45
4.1.3	北京市纳米领域创新创业环境的营造状况 ..	46
4.1.4	产业投入与效益	49
4.2	北京市纳米科技产业发展的外部环境分析	52
4.2.1	政策环境分析	52
4.2.2	科技环境	57
4.2.3	资源环境	60
4.2.4	不同参数间影响对比	64
4.3	北京市纳米科技产业的战略目标与模式	70
4.3.1	科技产业发展的驱动要素	70
4.3.2	北京市纳米科技产业的主要目标与发展 模式探索	73
4.4	纳米科技产业发展的四大驱动要素和驱动机制	75
4.4.1	纳米科技产业四大驱动要素	75
4.4.2	以工程中心为运营平台的纳米科技产业 驱动机制	79
5	北京市纳米科技产业发展建议	84
5.1	政策维度	84
5.1.1	健全产业各项政策，充分发挥政府引导和 激励作用	85

5.1.2	完善产业发展监管机制，规范纳米科技产业发展环境	85
5.1.3	制定投资优惠政策，吸引社会资本投入研发与产业化	86
5.1.4	加大政府采购力度，示范纳米技术产品使用	87
5.1.5	提升政府服务职能，为企业提供一站式服务	88
5.2	技术维度	89
5.2.1	优化技术创新机制，鼓励纳米科技企业建立研发平台	89
5.2.2	搭建国际合作渠道，去粗取精提升纳米技术水平	90
5.2.3	打造纳米科技产品标准，强化知识产权战略	91
5.3	人才维度	92
5.3.1	构建纳米科技产业实用教育体系，构建专业人才队伍	92
5.3.2	鼓励纳米科技企业完善内部能力培养和培训体系，完善人才管理制度	93
5.3.3	完善纳米科技产业的激励机制，提高纳米科技人才活力	94
5.4	市场维度	94
5.4.1	加强产业聚集区建设，优化纳米科技产业发展环境	94
5.4.2	优化科技成果转化机制，提高纳米科技产业化水平	95

5.4.3 整合纳米科技产业资源，提升纳米科技产业 竞争力	96
附 录	97
参考文献	102
后 记	107

1 绪论

习近平总书记指出，推动高质量发展是做好经济工作的根本要求。推进前沿科技研发和产业化则是经济高质量发展的保障。受“华尔街风暴”和欧洲债务危机的影响，大多数国家经济不景气，正谋求经济发展模式的变革，先进制造业和战略性新兴产业成为各国竞争的焦点。纳米技术也因此成为各国占领科技前沿阵地和推动产业发展的“国之利器”之一。20世纪90年代以来，世界范围内的纳米技术逐步走出实验室而走入产业领域。许多国家及大型企业集团都在致力于纳米技术的研发与创新，拓展纳米技术的应用领域，打造基于纳米技术的新兴技术产业。

为了抢占世界纳米科技制高点，我国对纳米技术的研发和产业的发展十分重视。相对于国际上其他国家而言，我国纳米技术的研究开发起步较早，研究水平也居世界前列，并形成了以北京、上海和江苏等为代表的纳米高新技术产业基地，为我国纳米科技产业的新突破奠定了基础。近年来，市场需求推动了纳米科技产业快速发展，纳米新技术不断涌现，纳米科技产品也在不断升级，纳米科技产业呈现繁荣景象。目前，我国纳米科技产业呈现以下特点。

①纳米粉体产业形成规模。纳米粉体材料产业已经具备一定规模，产品品种齐全，基本与国际接轨，能满足国内各个领域的需求，有些品类开始进入国际市场。尽管我国纳米材料的应用尚

处于初级阶段，但实业界已经开始利用纳米粉体材料的功能特性，对传统产品进行升级。

②药物产业应用纳米技术有新景象。纳米药物产业的发展出现良好势头，以脂质体、白蛋白、胶束等为纳米载体的肿瘤治疗药物已经问世，部分产品已开始进入市场。

③高技术领域开始应用纳米材料。纳米材料和技术在信息、生物技术等领域的应用方兴未艾，数量逐渐增多，市场竞争力日趋显现。在显示技术、传感技术、光学技术和存储技术等领域应用纳米技术开发新产品已经引起了企业家极大关注，到目前为止，进入市场的产品数量不多，影响面还不足够大，但高技术领域应用纳米技术的前景十分广阔。

尽管我国与部分发达国家的纳米科技还有一定差距，但仍然存在着良好的发展机遇。推动纳米科技产业化对我国经济发展和社会进步意义重大，主要体现在如下方面。

①纳米科技产业化有利于我国经济集约化、可持续发展。从纳米材料与器件的研制到纳米应用产品的开发，以及纳米检测和装备的应用，纳米技术都呈现高技术、低消耗、低污染的特点。因此，大力发展纳米科技产业有利于我国经济发展方式的转变。

②纳米技术是我国实体经济发展的主要驱动力。纳米技术是近二三十年发展起来的新技术，其基础性和交叉性强、应用面广，有较强的辐射作用，可广泛应用于其他领域。纳米技术是继信息技术之后又一项具有重大战略意义的共性技术。纳米技术的发展可以带动战略性新兴产业（如电子信息、新能源、节能环保、生物医药）的发展及传统产业（如建材、印刷、汽车）的转型升级，可形成庞大的产品群和企业群，促进我国实体经济的繁荣。

③纳米科技产业的发展可满足不断增长的社会需求，促进社会进步。纳米科技产业的发展可以为消费者提供更多的科技产品和服务。例如，纳米技术可应用于遗传育种，提高产品产量；也可应用于发动机尾气处理，降低对空气的污染。在我国经济、社会和科技发展战略需求的基础上，以市场、新能源应用和国家重大战略需求为牵引，促进纳米技术产业化，可以更好地满足不断增长的社会的需求，满足人们对美好生活的需求。

北京市纳米科技产业的发展契合了政府的引导潮流，政府也对纳米科技产业给予了政策方面的诸多扶持，并于 2012 年针对纳米科技产业技术集中度高、附加值高的特点，北京市政府提出了“纳米科技产业跃升工程”，以“国际一流、高端引领”为总体发展目标，以建设国际一流的纳米科技创新中心、构建纳米科技成果批量转化快捷通道为主要任务，努力将北京市打造成为国内纳米科技创新中心、国家级纳米科技成果批量转化示范基地；到 2020 年，推动北京市发展成为国际一流的纳米科技创新中心、高端引领的纳米产业发展聚集区、高度聚集的纳米创新创业人才高地，实现纳米产业年产值超过 500 亿元的目标，并带动相关产业实现千亿级的年产值，使之成为首都经济新的增长点。

作为我国的科技中心，北京市聚集了一大批高校、研究院及实验室，具有科技创新的人才、设备等方面的优势。在纳米科技方面，北京市集中了数十家知名的纳米科技研发机构，聚集了全国约 1/3 的资源，每年承担国家 1/2 左右的专项项目，论文发表和专利申请数量占全国总数的 1/2 左右。中关村科技园产生的纳米科技产业集聚效应也尤为突出。在纳米科技成果转化和产业化方面，北京市表现得十分活跃，并已具备了规模化发展纳米科技产业的优势和条件。如果能够有效地集中各类资源要素、统筹规

划、面向全局，纳米科技产业有可能成为北京市及我国经济发展的重要增长点，并且为北京市战略性新兴产业的策划和发展提供有力支持。

2 纳米科技产业经济学分析

纳米科技产业是全球先进和前沿的产业，其发展前景和发展趋势都受到关注。随着技术的不断发展，纳米科技产业不是仅局限于纳米材料的研发和生产，而是开始逐渐向纳米器件、纳米加工，甚至是纳米装备方面快速发展，形成了一条较为完整的纳米产业链。纳米产品逐步从精细元器件方面向生物技术、医药、节能环保、电子信息、新能源、新材料等方面投入使用，能够很好地代替或者生产出满足不同领域、不同需求的物品。现在，纳米科技产业不仅专注于新领域的发展，还在传统产业，如建材、金属、化工、橡胶、塑料等产业方面进行不断升级，以研发出更加精细、合格的产品。

我国正在积极研发纳米领域的新产品。尽管纳米科技产业在全国以北京、上海和江苏为主体，空间布局较为分散，但我国仍有机会、也有能力在纳米科技领域占据领先地位。

2.1 产业布局

2.1.1 产业链布局

(1) 纳米材料

国家对纳米材料的研究一直给予了高度重视，纳米材料的研究也取得了很多成果，尤其是在以纳米碳管为代表的准一维纳米

材料及其阵列方面的研究在国际上成就卓然，已经步入了世界先进行列。1998年，清华大学范守善院士及其团队在世界上率先制备成功超顺排碳纳米管材料，在触摸屏、超细导线、瞬时加热器、超薄扬声器等多个领域具有极其广阔的应用空间。该团队目前已获得包括中国、美国、日本、欧洲等地在内的超过1800余项专利授权，贯通了碳纳米管从原创性基础研究、应用技术开发、产业化技术攻关到大规模生产应用的完整创新链和产业链。

目前，碳纳米管薄膜手机触摸屏也已经产业化，该项目已落户北京纳米科技产业园，产能达到1000万片/年，预期产值20亿元以上。碳纳米管作为电极材料导电剂掺杂到锂离子电池的正极材料制成锂离子电池，可以改善电池性能，提高电池循环寿命。清华大学魏飞教授及其团队在世界上首次制备出了单根长度达到55 cm以上的碳纳米管，并开展碳纳米管应用及产业化工作。利用该材料，北京天奈科技公司实现了碳纳米管导电浆料工业化生产，年产量500 t，产值1亿元，产品已在比亚迪、天津力神和美国ATL公司锂电池中得到广泛应用。

高端纳米科技产品比重增长随着纳米粉体材料制备技术的进步不断提高，高端科技产品生产的比重也将日益提升。对高端纳米粉体材料应用要求较高的产品主要集中在催化剂、高级涂料、特殊用途橡胶、高性能塑料等领域。纳米粉体新的应用领域还将不断出现，对产品的技术及性能指标的要求也将提高。

新纳米材料也将不断涌现。随着制备技术和工艺的不断成熟，纳米粉体材料的生产成本将不断降低，许多处于研制阶段的纳米粉体材料，如纳米碳管、纳米稀土材料、纳米贵金属材料等具有特殊性能、在特殊工业领域有重要应用价值的新材料产品将不断涌现。

与此同时，纳米科技在非水热合成制备纳米材料方面取得突破，在纳米块体金属合金和纳米陶瓷体材料制备和力学性能的研究，在介孔组装体系、纳米复合功能材料、二元协同纳米界面材料的设计与研究等方面均取得了重要进展。

(2) 纳米器件

近年来，随着纳米科技的飞速发展，多种纳米器件已成功研制出来。采用纳米光刻技术成功加工出线宽只有 5 nm 的沟道；以手性螺旋稀烃为基础构建了分子马达，通过调节紫外光照射强度或者系统温度来激发该分子马达的 4 个不连续异构化步骤即可实现其重复性单方向 360°转动。Terabe 等开发了一种量化电导原子开关 (Quantized Conductance Atomic Switch, QCAS)，通过控制连接两个电极的银原子桥即可实现“开关”转换。

纳米发光器件是电子信息产业高端和前沿技术领域之一，是微电子技术进一步发展的基础。纳米发光材料在光源、显示、显像、光电子器件、辐射场探测及辐射剂量的记录方面都有着广泛的应用前景。纳米技术的不断成熟，促使纳米发光材料的制备方法、发光机制、发光器件的结构、工艺与实用化等方面的研究成为该领域技术研发的热点。

由于国务院确定新一代信息技术产业为我国重点发展的战略性新兴产业，纳米发光材料及器件技术的重要性也日渐显现，在纳米发光领域科学研究的质量和影响力逐渐增强。从 20 世纪 80 年代开始，中国通过实施纳米研究国家重大科研计划、863 计划、国家自然科学基金、国家重点实验室计划专项等重大计划和项目，显著地促进了纳米发光领域技术的发展。在纳米发光材料及器件科技研究领域，亚洲目前已经呈现日本、中国及韩国“百花齐放”的局面。

在纳米发光领域不断发展的过程中，透明导电薄膜也在进行更新换代，石墨烯透明导电薄膜成为当前新的技术热点。石墨烯具有优异的光学和电学特性，以及较高的机械强度、良好的柔韧性和表面粗糙度小等特点，可广泛用于触摸屏、太阳能电池等领域。国家纳米中心智林杰研究员开发了一种“roll to roll”石墨烯透明导电膜制备工艺，在国际上首次实现了石墨烯膜的低温、绿色、大面积、连续化、柔性制备，形成了50 000 m²/年的生产能力，制作的透明导电薄膜可用于替代传统透明导电膜氧化铟锡（ITO）。

现在，王中林教授发明的纳米发电机，清华大学刘冬生教授、国家纳米科学中心丁宝全研究员研发的纳米机器人等纳米科技项目在北京落地，在国际上形成了巨大影响。

（3）纳米加工

纳米加工是指构建尺度在纳米范围内的微结构，在纳米尺度下操控物质的组装从而构成具有一定功能的微器件。所谓纳米级精度的加工及纳米级表层的加工，主要的技术内容便是将原子和分子进行去除、搬迁和重组。纳米加工技术主要包括机械加工、化学腐蚀、能量束加工和复合加工等加工方法，它是传统微加工技术的发展，是纳米核心技术之一。纳米加工技术对于最新科学技术的进步具有重大的作用，它的发展会给人们的未来生活带来不可估量的影响。

由于这些加工方法本身的特点，如加工精度进一步提高受限、设备昂贵等，使纳米加工技术的进一步发展受到限制。纳米加工技术虽然只经历了短短十几年的发展，但已经取得了许多显著的成果。基于SPM的纳米加工方法有可能成为未来微机械、纳米电子器件等加工的重要方法。扫描探针显微镜加工技术的出