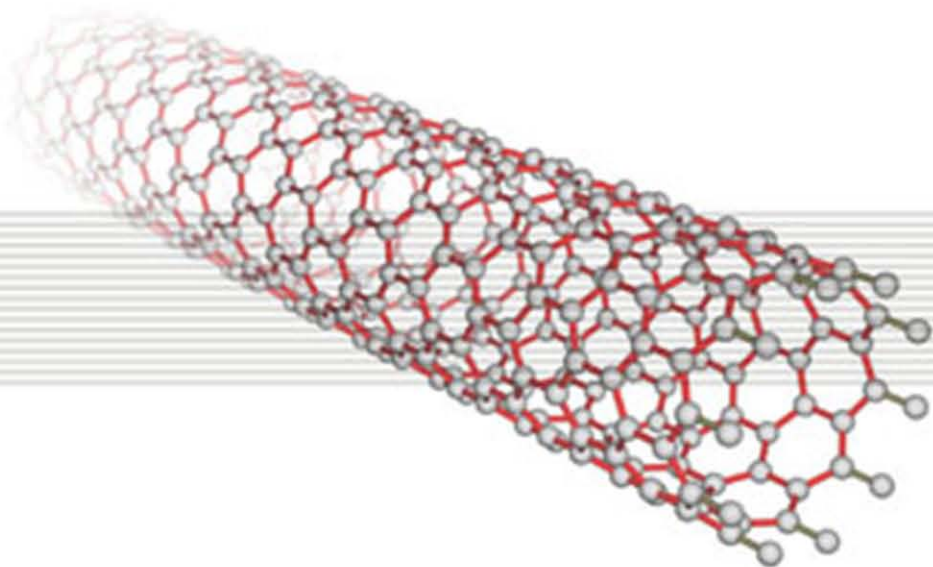


CHANYE BIAOZHUNHUA SHENGTAI
SUZHOU SHINAMI JISHU YINGYONG CHANYE
BIAOZHUNHUA FAZHAN BAOGAO

夏燕 / 编著

产业标准化生态

苏州市纳米技术应用产业
标准化发展报告



苏州大学出版社
Soochow University Press

产业标准化生态

——苏州市纳米技术应用产业标准化发展报告

夏 燕 编著

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

产业标准化生态: 苏州市纳米技术应用产业标准化
发展报告/夏燕编著. —苏州:苏州大学出版社,
2021.10

ISBN 978-7-5672-3731-5

I. ①产… II. ①夏… III. ①纳米技术—应用—产业
—标准化—发展—研究报告—苏州 IV. ①F260

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 198497 号

产业标准化生态
——苏州市纳米技术应用产业标准化发展报告
夏 燕 编著
责任编辑 万才兰

苏州大学出版社出版发行
(地址:苏州市十梓街1号 邮编:215006)
广东虎彩云印刷有限公司印装
(地址:东莞市虎门镇北栅陈村工业区 邮编:523898)

开本 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 11.25 字数 152 千
2021 年 10 月第 1 版 2021 年 10 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5672-3731-5 定价:39.00 元

若有印装错误,本社负责调换
苏州大学出版社营销部 电话:0512-67481020
苏州大学出版社网址 <http://www.sudapress.com>
苏州大学出版社邮箱 sdcbs@suda.edu.cn

编委会名单

主 编：夏 燕 方 丹

副主编：黄向阳 朱建荣 张春野

编 委：王云祥 黄红平 史苏娟

刘 美 杨晶晶 李净玮

主 审：沈电洪 王 燕



序言

为保障纳米产业的健康发展和促进纳米技术产品进行国际贸易，我国非常重视纳米技术的标准化。2001年，科技部和国家标准化管理委员会启动了纳米材料标准研究专项。2005年2月28日，国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会联合召开了《纳米材料术语》（GB/T 19619—2004）等7项纳米材料国家标准新闻发布会。

经国家标准化管理委员会批准，2005年5月全国纳米技术标准化技术委员会（SAC/TC 279，以下简称“纳标委”）正式成立，此后分别成立了纳米材料分技术委员会、上海市纳米技术标准化工作组、微纳加工技术标准化工作组、纳米检测技术标准化工作组、纳米技术健康安全与环境工作组、纳米储能技术标准化工作组、低维纳米结构标准化工作组、纳米光电显示技术标准化工作组、苏州地区纳米技术标准化工作组。经广大参与标准化工作人员的努力，纳标委已经公布了110项国家标准，也在努力制定纳米技术的团体标准。

纳标委还积极参与了国际标准化组织纳米技术委员会（ISO/TC 229）和国际电工委员会纳米电工产品与系统技术委员会（IEC/TC 113）的筹建工作，并且承担了国际标准化组织纳米技术委员会的纳米材料规范工作组（ISO/TC 229/WG 4）的秘书处职能。纳标委还承办了ISO/TC 229和IEC/TC 113的各两次全体会

议。纳标委已经发布了共 24 项由我国科学技术工作者提出立项并编写的 ISO 和 IEC 国际标准。

苏州工业园区意识到纳米技术即将成为 21 世纪经济增长的新动力，自 2006 年将纳米技术应用产业作为战略性新兴产业，通过实施“纳米产业三年双倍增计划”“纳米技术应用产业引领计划”“纳米科技领军人才计划”，吸纳了大批海内外高端创新资源，成为国内纳米产业和人才集聚度最高的区域。据统计，苏州工业园区已经聚集了 200 多家和纳米技术相关的企业，跻身全球八大纳米产业集聚区。

纳米技术标准化工作应当贴近纳米产业的第一线，为纳米产业的健康发展服务。在当前的国内外经济形势下，从国家到地方的产业部门都十分重视标准化建设。2018 年 11 月 12 日，纳标委苏州地区纳米技术标准化工作组（SAC/TC 279/WG 11）正式成立。2019 年 6 月，全国首个战略性新兴产业标准化示范区——国家纳米技术产业化标准化示范区以高分通过国家市场监督管理总局标准技术管理司组织的验收。苏州地区已经在纳米技术标准化工作中做出了很多积极的贡献。

江苏省拥有南京大学、苏州大学、东南大学、南京理工大学等在纳米基础科学和技术研究方面有杰出贡献的著名高校，有中国科学院苏州纳米技术与仿生研究所等专业性研究所，也有苏州工业园区纳米技术新创产业中的许多国际领先纳米技术企业。这些高校、科研院所和产业单位集聚了众多有实力的纳米技术的高级研究人才和创新团队，他们都是纳米标准化工作的主力军。

即将成立的江苏省纳米技术标准化技术委员会是我国标准化工作的一个创举，也是非常接地气的组织形式，它不仅服务于苏州的纳米产业集聚区，也同样服务于江苏省的广大纳米产业集群。

《产业标准化生态——苏州市纳米技术应用产业标准化发展报告》不仅翔实地总结了过去的工作，还注重标准化体系顶层设计、标准化人才培养，提出激励标准化工作的政策，以追求标准化高质



量发展。该报告规划了苏州市的纳米技术应用产业标准体系，体现在纳米新材料、微纳加工制造、纳米生物医药、纳米光电、能源与清洁环保等方面。2021年9月，习近平总书记在中共中央政治局第三十三次集体学习时强调，加强国家生物安全风险防控和治理体系建设，提高国家生物安全治理能力。新冠肺炎疫情暴发以来，广大的纳米技术工作者在使用纳米技术制备检测用品、疫苗、药物、防护用品等方面做了大量工作，我们需要借此契机，进一步建立国家生物安全防控标准化体系。

在江苏省纳米技术标准化技术委员会即将成立之际，我们可以期待江苏省的纳米技术标准化工作将会推动江苏省的纳米技术产业化更上一层楼，同时也为国际、国家及团体的纳米技术标准化做出新的贡献。

沈电洪

全国纳米技术标准化技术委员会副主任委员

中国科学院物理研究所研究员

2021年10月



前言

习近平主席在向第 83 届国际电工委员会大会所致的贺信中强调，中国高度重视标准化工作，积极推广应用国际标准，以高标准助力高技术创新，促进高水平开放，引领高质量发展。

纳米科学探究纳米尺度物质的性质，与化学、物理、材料、生物等学科均有交叉融合。经过二十余年的蓬勃发展，纳米技术已应用于检测、服装、电子、信息、医药、能源、环境等多个领域，产业规模不断扩大。从纳米原材料的制备到纳米产品的产业链的各个环节都有标准化需求，如材料的宏量制备、修饰、集成的每个质量控制过程都需要性能测试方面的标准，纳米产品进入市场时还需要有产品规格、有效性和安全性方面的标准。科学合理的技术标准体系可以提升研发效率，提高产业规范程度，是纳米技术和产业发展的重要支撑。

“十三五”期间，苏州市积极打造先导产业创新集聚区，纳米技术应用产业作为苏州的四大先导产业之一发展迅猛。苏州已成为全球八大纳米产业集聚区之一，也是全国纳米技术领域人才集聚度最高的区域之一，在第三代半导体材料——氮化镓材料和微机电系统（Mice-Electro-Mechanical System）领域形成了创新企业集聚、产业上下游齐备的发展格局。苏州工业园区的苏州纳米新材料创新型产业集群于 2017 年入选科技部第三批创新型产业集群试点名单。

本报告分析与总结了苏州市纳米技术应用产业标准化工作发展

现状，聚焦产业重点领域，总结标准化工作的相关问题，梳理标准化工作开展思路，并提出可能的应对策略。本报告通过制定产业标准化体系表等方式加强标准化工作顶层设计，在体系表框架内深入企业开展标准化宣传贯彻工作，增强宣传贯彻工作力度，引入创新方法，提升企业参与度，使制定的标准切实助力我国纳米技术应用产业高质量发展。本报告同时提出以高标准服务纳米技术创新和推动纳米产业高质量发展的举措与建议，为“十四五”期间纳米技术应用产业标准化发展规划的制定提供重要参考。

本书的编写得到了全国纳米技术标准化技术委员会（SAC/TC 279）和全国纳米技术标准化技术委员会苏州地区工作组（SAC/TC 279/WG 11）的多名委员老师的帮助，在此向他们表示衷心的感谢。

由于笔者学识有限，书中难免有不当之处，还望读者斧正。

编 者

2021年9月于苏州



目 录

第一章 概 述 / 1	
1.1 纳米技术应用产业简介 / 1	
1.2 纳米技术应用产业的现状和发展趋势 / 2	
第二章 国内外纳米技术应用产业标准化工作开展现状 / 9	
2.1 国外纳米技术应用产业标准化工作开展现状 / 10	
2.2 国内纳米技术应用产业标准化工作开展现状 / 64	
第三章 苏州市纳米技术应用产业标准化发展现状 / 81	
3.1 总体情况 / 81	
3.2 纳米新材料领域标准化发展现状 / 85	
3.3 微纳加工制造领域标准化发展现状 / 90	
3.4 纳米生物医药领域标准化发展现状 / 95	
3.5 纳米光电领域标准化发展现状 / 97	
3.6 能源与节能环保领域标准化发展现状 / 99	
3.7 苏州市纳米技术应用产业标准化存在的问题 / 103	
第四章 苏州市纳米技术应用产业标准体系建设及标准化发展 保障措施 / 107	
4.1 苏州市纳米技术应用产业标准体系建设 / 107	

4.2 苏州市纳米技术应用产业标准化发展保障措施 / 145

附录一 苏州市纳米技术应用产业标准化工作调研问卷
/ 149

附录二 网络/实地调研的苏州市纳米技术应用领域相关企业
名单 / 153

附录三 苏州市《关于支持标准化工作的若干政策措施》
/ 161



第一章 概述

1.1 纳米技术应用产业简介

1.1.1 纳米技术

纳米技术是指研究结构尺寸在 1~100 nm 范围内的材料的性质和应用的技术。纳米技术及其应用的相关研究已成为 21 世纪世界科技发展的主流方向，也是世界各国最主要的研究热点之一。国际纯粹与应用化学联合会（International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC）的会刊在 2006 年 12 月评论道：“现在的发达国家如果不发展纳米科技，今后必将沦为第三世界发展中国家。”^①因此，世界各国，尤其是科技强国，都将发展纳米科技作为国家战略。

在纳米尺度下，物质具有量子尺寸效应、表面效应、宏观量子隧道效应等特点，展现出与宏观尺度下物质的物理、化学、光学、力学、生物学等不同或宏观不具备的特性。纳米科技涉及诸多学科领域，包括物理、化学、生物学、医学、材料科学、信息科学、能源科学、先进制造科学等，具有高度学科交叉性。纳米科技的发展加深了人们对物质构成和性能的认识，使人类的微观感知和操控能力达到了空前的水平。通过纳米科技，人们可以在分子、原子水平上设计并制造具有全新性质和功能材料及器件，给材料、制造、

^① Smith, A. Nanotechnology - Lessons from Mother Nature[J]. The News Magazine of the International Union of Pure and Applied Chemistry, 2016, 28(6): 10-11.

信息、生物、医学等领域带来革命性的变化，对很多基础学科和应用领域也产生重要的影响。

纳米科技日新月异的发展正在展现其强大的生命力和对社会经济发展的推动作用，正在成为提升国家未来核心竞争力的重要手段和推动世界各国经济发展的主要驱动力。

1.1.2 纳米技术应用产业

纳米技术应用产业是建立在纳米技术基础之上，开发生产纳米材料产品而形成的具有同一属性的企业的集合，包括纳米材料及其相关产品和技术装备，是高新技术产业的重要组成部分。从产业特点来看：第一，纳米技术应用产业是基于纳米技术建立的，其产业特征是纳米材料技术在产业形成中起决定性作用；第二，纳米技术被应用于产品和生产过程，形成具有高科技含量的市场产品；第三，使用纳米技术或相近技术的企业构成了一个群体，在市场上形成一定的规模，足以构成一个新的产业。纳米尺度的材料，由于其结构的特殊性（如界面效应、量子尺寸效应、量子隧道效应等），具有很多传统材料无法比拟的优越性能。将纳米技术和纳米材料应用到工业生产的各个领域，能使产品性能发生较大改变或极大程度的提升。因此，纳米技术应用产业具有极强的前向效应和后向效应。前向效应是指对上游产业的带动效应，就像汽车工业能带动钢铁、油漆等行业一样，纳米技术应用产业将带动传统材料产业等一系列上游产业的发展；后向效应是指对下游产业的推动效应，包括为半导体、生物医药、航空航天、能源环保等多种行业带来新的机会。

1.2 纳米技术应用产业的现状和发展趋势

作为 21 世纪的三大新兴技术之一，纳米技术发展迅速，为人类社会和日常生活带来了诸多变革性的影响。纳米科技的发展，不



仅可以使科学家在纳米尺度发现新现象、新规律，建立新理论，而且还将带来一场新的工业革命，成为经济增长的新动力。纳米技术是具有广泛应用前景的战略性前沿技术。

1.2.1 国外纳米技术应用产业的现状和发展趋势

探索介观世界物质的奇异性质，发展未来高新技术，纳米科学技术的迅猛发展必将对经济、社会发展及国防安全产生重大影响。纳米科学技术在提升国家未来核心竞争力、培育战略性新兴产业等方面逐渐展现出战略引领作用。全球主要经济体纷纷制定纳米科学技术发展规划，加大对纳米科学技术的投入，推进纳米科学技术快速发展。据不完全统计，全球超过 50 个国家发布了国家级纳米科技发展规划。全球纳米技术应用产业正呈现出蓬勃发展趋势。

1. 美国纳米技术应用产业发展情况

作为纳米技术创新战略的领先者，美国对纳米技术的研究、开发、应用主要是在国家纳米技术计划（National Nanotechnology Initiative, NNI）框架下开展的。NNI 是美国联邦政府机构间跨部门的一项系统计划，最新版本于 2021 年发布，主要目的是协调美国纳米技术的整体研发，增强美国在纳米尺度上的科学研究合作力度，确保美国在纳米技术、工程技术方面的世界领先地位。NNI 一直保持高投入，并且不受经济危机影响而持续增加投入。根据美国政府官方公布的数据，如果包含 2021 财年的预算在内，NNI 的总投入达到了 310 亿美元，其中基础研究部分占有最大份额，纳米技术设备与系统、纳米制造、环境、健康和安全管理研究方面的投入大幅增加。^①

2. 日本纳米技术应用产业发展情况

在过去的五十多年，日本作为一个发达国家，在纳米技术领域的学术研究、技术研发及产业化应用方面一直处于领先地位。日本

^① 数据来自 NNI 官网，网址为 <https://www.nano.gov/2021BudgetSupplement>。

纳米技术的发展给纳米产业带来了很多创新型的产品。例如，碳纳米管的发明对纳米技术有很深刻的影响，已经成为纳米技术多样化发展的基础；碳化硅等高效半导体材料的研发和应用带来了性能更强、体积更小的电子设备；砷化镓材料的出现使太阳能电池薄膜和传感器领域获得了进一步的发展；等等。

日本政府支持纳米技术发展始于 2001 年，在“第二期（2001—2005 年）科学技术基本计划”（Science and Technology Basic Plan, STBP）中提及了纳米领域，并持续保持较高的投入。日本在“第三期（2006—2010 年）科学技术基本计划”中继续将“纳米技术和材料”作为重点领域给予资助，突出强调了纳米技术在信息技术、生命科学、环境/能源、基础技术等方面发挥的作用，研发投入达 333.16 亿日元。2013 年 12 月，日本科技振兴机构（Japan Science and Technology Agency, JST）发表了《2013 年主要国家研究开发比较报告》，针对纳米技术的发展现状，指出日本未来的纳米技术需要长期关注生物纳米、绿色纳米及纳米电子三个重点方向，以期利用纳米技术“尖端化”和“融合化”的已有成果，将那些能够满足社会需求的纳米技术进一步体系化，促进问题导向型研究的发展。

3. 欧盟纳米技术应用产业发展情况

2006 年，欧盟推出了第七框架计划（7th Framework Programme, FP7），将纳米科技列为九大研究主题之一，投入 34.75 亿欧元以增强其纳米科技领域的国际地位。在欧盟框架计划以外，欧盟各国纷纷制订了本国的纳米科技发展规划。以德国为例，德国政府于 2011 年启动了“纳米技术行动计划 2015”（Nanotechnology Action Plan 2015），并陆续建立了 9 个全国性的纳米技术研发网，成员来自纳米技术产业链的各个环节，以加强产业链上中下游的动态合作、集约技术、资金优势，加速创新过程和成果转化。德国已开始成立纳米技术领域的经济与科学的五大创新联盟：有机发光二极管、有机光伏电池、创新型碳纳米管、分子成像及锂



离子电池，拟通过联盟的方式推动上述领域的市场应用。法国于2003年启动国家纳米科学计划，增加对纳米技术的投入，创建了大型的纳米技术中心网络，调整了纳米技术研发战略，强调一体化的发展战略，加强政府、大学、产业界的合作。微纳米电子技术被法国列为信息技术领域发展的重中之重，以期在未来信息技术发展领域占领制高点。英国于2003年制定了纳米技术发展战略和微纳米制造网络计划，并加大对纳米技术研发的投资，此后6年内拨款9000万英镑，支持企业和大学的商用纳米技术的研发，已有约1000家公司投身于纳米技术研究和生产中，上百个研究团队分布于学术界各个领域。

此外，欧盟还针对石墨烯材料的研发和应用推出了“石墨烯旗舰计划（2012—2020）”，提出了未来10年的石墨烯科学技术路线图，主要包括新兴传感技术与生物学的融合、面向射频应用的无源组件、高频电子学三个研究方向，并给出了研发进度时间表。

4. 韩国纳米技术应用产业发展情况

韩国在重视战略性纳米技术基础研究的前提下，强调促进纳米技术产业化，以促进国家战略技术目标的实现。2016年4月，韩国国家科学技术审议会公布了由未来创造科学部、教育部、环境部等10个部委联合制订的《第4次纳米技术综合发展计划（2016—2020年）》，在未来5年将重点推进以创新为主导的纳米产业化；开展战略性的纳米技术基础研究，实现纳米技术领域的政府投资体系化；充实纳米技术创新基础，保障纳米技术安全管理体系，出台创新支持信息系统等政策，促进五大国家战略技术目标（信息技术融合型新兴产业、未来发展动力、整洁便利环境、健康长寿、安全放心的社会）的实现。

5. 澳大利亚纳米技术应用产业发展情况

2012年，澳大利亚科学院发布《澳大利亚国家纳米技术研究战略》，提出要实现纳米驱动的经济增长，需要将纳米技术的研发机遇与国家的重大挑战性问题衔接，利用纳米技术，以达到临界研

究规模的多学科攻关，进而找出这些重大问题的解决方案。其中，在重大挑战性问题中，纳米技术可发挥的作用包括改进社区健康、提供饮用水、修复环境、发展清洁能源、保卫国家安全、振兴澳大利亚的制造业等。

6. 印度纳米技术应用产业发展情况

印度联邦政府于 2007 年启动了国家纳米科技计划，并建立了 3 所纳米技术研究所，宣称要将印度打造为世界纳米研发中心。

7. 伊朗纳米技术应用产业发展情况

伊朗政府组建了伊朗纳米技术指导委员会，由政府投入资金支持纳米研究，并多次参加国际纳米技术展览，展示伊朗纳米技术领域的进展。

综上所述，国际纳米科技的发展已呈现出“突出重点、集中资源、培育产业、引领带动”的发展态势。发达国家希望通过纳米科技整合其基础研究、应用研究和产业化开发，抢占未来科技发展的制高点和优先权，引领下一次产业革命。发展中国家希望通过纳米技术在新一轮的科技和产业革命中获得更多的话语权。

1.2.2 国内纳米技术应用产业的现状和发展趋势

我国在 20 世纪初就开始制订纳米技术发展计划，2001 年科学技术部、国家发展计划委员会、教育部、中国科学院、国家自然科学基金委员会联合发布了《国家纳米科技发展纲要（2001—2010）》。“十五”期间，各部委分别通过国家的“973 计划”“863 计划”“攻关计划”，国家自然科学基金委员会的重大项目、重点项目，教育部的振兴计划，发改委的产业化示范工程和大科学工程等对纳米科技进行了研发投入的大规模资助。2016 年，国务院印发《“十三五”国家科技创新规划》，分别在“深入实施国际科技重大专项”“发展新一代信息技术”“发展新材料技术”等部分对纳米科技做出了相关规划，如“发展新材料技术”中包含“纳米材料与器件”等领域的研究。同年，国务院印发《“十三五”战略