

德国纳米技术新五年计划的目标、现状与重点

郭铭华

(对外经济贸易大学, 北京 100029)

摘要: 德国政府于2011年年初推出了新的纳米技术五年计划:《纳米技术行动计划2015》。纳米技术是面向未来的技术,是企业创新的动力,具有极大的市场潜力,在德国高科技战略中占有重要地位,政府的支持力度也因此成倍增长。本文关注的是德国《纳米技术行动计划2015》的战略目标、研发现状与重点行动领域。

关键词: 纳米技术; 行动计划; 德国政府

中图分类号: N39; Q71 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2011.06.001

虽然还没有人宣称世界已进入了“纳米时代”,但是在纳米尺度上对最小结构的研究有着如此巨大的经济与社会效益,说纳米技术是充满愿景的未来核心技术之一、将决定很多重要产业今后的发展方向,应无夸张之处。这个相对年轻的科学凭借“更小、更快、更高效”的特性,在二十年间纵横驰骋,迅速进入了几乎所有关键领域;且又如同信息技术,研发与产业化携手并行,成为企业创新的重要动力与基础;通过新的观念、新的材料、新的组件,生产出性能更好的产品。这注定了要在全球形成纳米技术的激烈竞赛。

为使德国在这场竞赛中能够领跑技术研发,抢占国际市场,德国政府从1990年至今不断加强对纳米技术的支持力度,投入纳米研究的公共经费增长了10倍以上,2010年全年达到4.4亿欧元,居欧洲首位。

2011年1月,德国推出了新的五年计划——《纳米技术行动计划2015》。新计划在篇幅上较5年前增加了一倍,研发目标、配套措施的设置更为全面、明确,主题涉及研发现状、重点行动领域、保障竞争力、防范风险、改善框架条件、增强国际合作等等。本文关注的是纳米技术新五年计划的战略目标、研发现状以及重点行动领域。

一、新五年计划的战略目标

德国新的纳米行动计划的战略目标包括4个方面:利用纳米技术的创新动力促进德国经济增长;资助纳米技术在5个重点领域的研发,以应对全球性挑战;为确保安全而设置随同研究,规范纳米技术的发展;培养人才队伍,以便充分利用、开发纳米技术的潜力。

(一) 利用纳米技术,促进经济增长与创新

此次的全球金融危机给德国造成了很大损失,2009年国民生产总值下降4.8%,出口额更是史无前例地减少了19%,不得不将首位让与中国。德国缺少资源,依赖出口,其竞争力与开发尖端技术、开发未来市场密切相关,而纳米技术有着巨大的市场潜力,目前世界市场上已几乎没有一项高技术产品没有利用纳米技术。预计至2015年,全球受纳米技术影响的市场容量在一万亿欧元以上。纳米技术在德国研发支出与总销售额的比例中占14%,是德国最具创新力的技术领域之一。因此政府的目标首先是,保障纳米技术创新的可持续发展。

(二) 安全、可持续地规划纳米技术发展

纳米技术在日常与消费用品中的应用持续扩大。产业界因此有义务向市场提供安全、可靠的产

作者简介:郭铭华(1954-),女,硕士,对外经济贸易大学教授;研究方向:国外科技政策、管理研究。

收稿日期:2011年3月17日

品。目前已上市的产品或许可以说确是如此,但透明度不够,看不到哪些产品真正应用了纳米技术,并有怎样的效果。随着纳米材料应用的增加,也会产生环境问题,因而有必要设置程序说明,针对纳米产品、纳米粒子的特性,进行专门的预测与生态毒理学评估,必须确切了解纳米材料对人体与环境可能的影响,研究其潜在风险。如有需要,将建立相应的风险管理。德国政府已为此规划了必要的经费。

(三)加强培养与科研,充分利用纳米技术的潜力

研究与创新的基础是高素质的专业队伍与活跃、出色的科研环境。纳米科学与技术为此提供了全面机遇,其跨领域的特性开辟出新的研究领域与新的职业。纳米科学一方面提供研究结果,作为产业应用的基础,另一方面也要解决新的经济发展态势中出现的新问题。科学与产业,都会推动人才培养,以满足纳米技术研发的需要。联邦政府将采取措施,支持纳米技术领域的扩展,支持培养后续人才队伍,以打造厚实的研究基础。

(四)开掘纳米技术应对全球挑战的潜力

德国的高科技战略已将气候/能源、健康/粮食、汽车、安全及通信设定为重点,德国希望能成为尖端技术的引领者,为21世纪面对的紧迫问题找到令人信服的答案,而纳米技术与其他核心技术恰能为此提供先进思路。对此,德国政府的愿望是:

1. 利用纳米技术,保护环境,保障能源供应以及建设生态经济

利用纳米材料与效应,可在很多领域开发出高效利用资源、能源的产品与程序。包括可消除、防范有害物质的环保技术,整合的、能源与物质流优化了的环保型生产程序,能源转换、储存、配送和使用的有效方法等。纳米技术带来的创新,应使德国成为节能型产品的出口大国,引领国际市场。通过建设生态经济,实现可持续生物质原料与能源供应。纳米技术已在很多传统产业如化工、制药、造纸和能源产业得到应用,可为实现政府的可持续目标做出贡献。

2. 利用纳米技术保障健康

尽管已有大量研究,但是遗传、环境、生活方式

之间致病的关系仍然没有澄清。另外,生活条件的改变,寿命的延长,使得一些疾病的出现率更高,如癌症、心血管病、痴呆症等。因此急需研究新的预防与诊疗方法,个性化诊疗也日趋重要。在医学领域应用纳米技术可为保健、疾病早期诊断、受损组织愈合、提高药品疗效等提供新的技术解决途径。

3. 利用纳米技术,发展可持续农业与粮食安全

面对日趋严格的限制、标识义务和产量压力,农、林、畜牧业大多依赖高精程序。这些程序的实施,须借助电子高精控制的记录式生产程序。纳米技术的发展可从根本上优化电子控制与调节技术。在植物保护领域,纳米封装的活性成分,如能按规定操作,可以更有效更环保地得到应用。纳米材料的运用当然有前提,需要对活性与载体物质性质改变作风险评估。潜在的应用可能还有食品与饲料生产及加工、食品与饲料分析以及质量保障。正在研究的纳米粒子对食品卫生与防腐的效果,可为减少“收获后损失”做贡献。目前纳米技术在德国尚无食品方面的运用,今后也要在细致检测后方能得到使用许可。

4. 利用纳米技术,发展环保节能型汽车

石化资源的减少需要替代技术,电动代表未来。德国要成为电动汽车的引领市场,实现2020年计划,必须研发电力驱动与电能储存,纳米技术对于生产充电电池与高容量超级电容器具有重要意义,另外,纳米技术在其他替代驱动方面,比如在氢储存与燃料电池组件的材料研究中,同样具有意义。

二、德国的纳米技术研发现状

得益于政府的一贯支持,德国在纳米技术基础研究方面有相当好的表现,成果应用也具有广泛的工业基础。

(一)研究环境:从事纳米研发的机构数量在不断增加

随着对纳米材料、纳米技术潜力的认识不断扩大,与此领域相关的机构数量也在上升。德国目前从事纳米研究以及与纳米研究有关的部门共有1842个^①,包括联合研究网络143个,科研机构156

^① www.nano-map.de

个,大学研究所 438 个,大企业 242 个,中小企业 739 个,另外还有 55 个协会与管理部,59 个金融投资机构,10 个媒体展会。它们遍布德国 16 个联邦州,力量最强的要数北威州(453 个)、巴伐利亚(249 个),巴符州(199 个)与柏林(87 个)。

领先的纳米科研机构是马普学会和赫姆霍茨大研究中心联合会,弗朗霍夫学会与莱布尼茨研究联合会也有不错的成就,并更多关注成果应用。不少马普研究所多年来专注于研究纳米材料、超分子系统、表征方法等;赫姆霍茨联合会主要研究关键技术领域中的纳米-微系统集成;卡尔斯鲁尔大研究中心针对纳米材料与程序,2008 年新建立了纳米-微技术大型设施,供赫姆霍茨研究人员使用;赫姆霍茨慕尼黑研究中心专门研究毒理学问题;弗朗霍夫学会的一个联合研究网络聚焦于多功能层、特殊纳米粒子设计、碳纳米管的应用问题,寻找联合解决方案;光催化同盟则专门研究纳米粒子基础上的光催化活性涂层,并关注环保问题;莱布尼茨研究联合会的很多研究机构在纳米材料、表层和光电与纳米电子属性方面已获得很多成果。另外,几乎所有的大学研究所也把纳米材料、纳米技术研究放于重要位置,既研究技术应用,也研究纳米技术对人与环境的影响。在培育纳米技术人才、促发优秀成果方面,德国联邦与州政府也给卓越集群与研究生院提供经费。

(二)基础设施:拥有一流的纳米研究基础设施与大设备

在基础设施与大设备方面,德国政府 30 多年来投资建设了“国家光子与中子源”,目前已是纳米材料基础研究无可替代的设施。多功能纳米材料,在其复杂性上超出了单个实验室的功能,需要多层面、跨领域的实验设备。同步加速与中子辐射的研究成果对此极为重要。光子与中子源提供可贵的机会,可在不同的时间与空间维度,对完全不同的程序做现场实验,因此这类大型设备可为获得全面认识以及监控相关纳米程序做出贡献。

德国目前拥有的重要基础设施有光子(同步辐射)3 处;中子 3 处,带电粒子(核探针与离子束)2

处;德国参与的欧洲重要设施 5 处,即 European XFEL - 汉堡(光子),ESRF - 格勒诺布尔(光子),HFR - ILL 格勒诺布尔(中子),EMBL(欧洲分子生物研究室)分部:汉堡(光子与中子),ISOLDE - 欧洲核子研究中心,日内瓦。

(三)职能部门:专事纳米技术安全、风险、测量标准、评估等研究

纳米技术在 21 世纪初尚局限于专门技术产品,如今也已出现在消费品中,与民众日常生活的关系日益密切。由此便引起了有关机会与风险的讨论,纳米产品的规范化也成为焦点。比如欧洲化妆品条例已经决定,自 2013 年,化妆品中的纳米材料必须具有标识。

德国的一批职能部门,如德国联邦劳动保护与劳动医学署、联邦风险评估所、联邦材料研究与检测所、联邦物理技术署、联邦环境署等,已从环境及消费者保护的角度,展开了相应的纳米安全研究,包括风险防范、纳米技术应用健康评估、环境影响评估、纳米材料在大自然中的生态毒理学和表现、质量保障与标准化、开发测量工具和方法、制定测量标准以及纳米食品安全等,为纳米材料与技术的安应用铺路。

(四)企业状态:在欧洲处于领先地位,世界范围内排名第三

在纳米技术产业化方面,美国与欧洲的纳米企业数量大致相等,而驻地欧洲的纳米企业有一半是德国企业。德国在欧洲处于领先地位,在世界范围内排名第三,位于美国和日本之后。德国 950 多个企业^①在开发链的不同层次上从事纳米技术产品、流程、服务产品的开发及商业化,其数量还在上升。创新型中小企业与新创建企业的参与比例高达 80%,有 6 万就业岗位与纳米技术相关。2007 年德国境内企业的纳米技术全球销售额约达 330 亿欧元^②。

德国企业生产纳米材料、纳米工具,为纳米工具厂提供纳米分析与配件(如真空与洁净室技术,等离子体源等);生产并应用纳米优化组件与系统;在咨询、技术转让、合同分析与研究方面提供咨询

^① www.nano-map.de

^② Nano.DE-Report 2009 - Status Quo der Nanotechnologie in Deutschland, BMBF 2009.

服务。德国企业几乎涉足所有行业:光学、电子、建造、医学制药、化学、纺织、机械制造、安保、环境、生态、消费等。

德国企业面向出口,国际合作极为重要,首先是欧洲经济区,其次是美洲与亚洲。德国的纳米技术在国际上享有声誉,在国外成为有吸引力的合作伙伴,甚至已吸引了一些企业来德国落户。

(五)国际比较:在全球排名靠前,在欧洲位居第一

德国的纳米研究全球排名第四,位于美国、俄罗斯与日本之后。科研论文发表同样位居第四,前三名是美国、中国、日本。从专利申请数量看,据OECD统计,德国排在美国、日本之后。在欧洲,德国的纳米技术处于领先地位,在竞争欧盟的经费资助方面有突出成绩:在欧洲第六、第七个科研框架计划内,德国获得的资助额位居第一,说明德国产业界参与科研项目的比例很高。

(六)管理责任:成立管理指导小组,保障协调与合作

由于应用领域广泛,纳米技术由不同的政府部门管理,从研究到劳动保护,涉及众多环节,因此需要统一步调,避免出现重复领导或管理漏洞。德国政府为此成立了管理指导小组,来保障管理上的协调与合作。在政府资助计划的对象与战略策划方面,近20年出现了明显的转变,80年代的科研项目主要属于基础研究,而今天的研究更注重应用。

三、德国政府支持纳米技术研发的措施与重点研发领域

世界各国对纳米技术研发的资金投入在不断增长。据统计,全球纳米研发年投入已超过40亿美元。2004-2006年对纳米技术的私人投资在欧洲为23亿欧元,占欧洲总投资的33%,在美国与日本分别为45亿欧元(54%)与36亿欧元(63%)^①。德国支持纳米研究的公共经费数额也在大幅提升,2010年达4.4亿欧元,今后还将继续增加。

(一)采取措施,推动知识与技术转换

纳米技术有着巨大的应用潜力,为促进产学研

结合及技术商业化,德国政府采取了以下措施:

1. 策划联合项目:使中小企业有机会进入科学网络,使用先进设备,缩短成果到应用的距离。

2. 确定创新重点:从战略角度确定研发合作项目,以保障、扩展已有市场,开发新的增长领域。

3. 建立创新同盟:为科研创新政策的新工具,用以将有市场潜力的产研管机构联合起来,借助长期研发规划与商定的任务、时间、费用分担,起国民经济杠杆作用。

4. 建设尖端集群:有针对性地支持战略伙伴关系,科研、企业、地区投资者联手行动,开发接近市场的关键技术。

纳米技术领域中的创新同盟:

在经济界、科研界与联邦教研部的共同努力下,德国建立了5个纳米技术创新同盟,涉及的领域有OLED,有机太阳能电池,Inno.CNT,碳纳米管,分子影像和锂离子电池技术。

以环保与能源为例,创新同盟在高效照明、利用可再生能源、能源储存方面起杠杆作用。仅OLED和有机太阳能电池同盟在教研部1.4亿欧元的支持下,已给产业带来了10多亿欧元的效益。

德国的纳米技术尖端集群“有机电子”,集合了3个DAX指数公司、多个世界引领企业、2所精英大学以及莱茵-内卡大都市区的众多伙伴,研发全新等级的功能材料,用于在光电子领域中开创照明与光伏的应用市场,目标是使德国的有机电子研究登上世界顶尖位置。

(二)“核心技术框架计划”下的五个重点领域与研发行动

在德国政府的“核心技术框架计划”框架中,纳米技术的地位非同一般。研发资助瞄准了五个关键领域,即能源/气候、卫生/粮食、汽车、安全、通信。

1. 能源/气候

纳米技术可为实现能源可持续发展目标、提高能效、保障原材料循环、保持环境质量以及保护气候做出贡献。另一个利用潜力是减少使用稀有材料,如铟等稀有金属,寻找长期替代。另外,纳米技术也有助于生物资源利用。

^① Nanotechnology: An overview based on indicators and statistics, STI working paper 2009/7 Statistical Analysis of Science, Technology and Industry, OECD.

(1) 纳米技术——提高能源效率的行动

纳米材料用于适应性建筑技术。德国能源消耗的 40% 来自建筑物。提高房屋能效是节能减排、气候保护的重要环节。新型、强绝缘、阻燃隔热的材料不论是用于老房的经济改造,还是新房建设,都可以显著改善温度调节。纳米技术在发展热致变色外墙涂料、被动或主动智能玻璃上光、微镜阵列、可切换绝缘材料,或是作为潜热储存的相变材料等方面有关键作用。另外在改善建筑材料、集料以及新的布局方面也有很大潜力。

纳米材料用于能源分散供应。利用可再生能源给能源供应商带来了挑战。新能源的产生缺乏连续性,必须采取可靠措施,均匀、充足地将能源存入已有电网。为此需要有强有效的电力储能,当然也涉及制热与制冷系统。纳米技术开发出的新材料和工业材料可用以建立新的存储系统。

(2) 纳米技术——适应气候变化的行动

目前,与气候变化有关的极端事件如洪水、干旱、酷热、飓风在自然灾害中占到 75%。这些在一定程度上由人类自己造成的自然变化,即使有雄心勃勃的气候保护工程,也极难逆转。在“适应”标题下开发的技术,便是为极端环境做的准备。纳米材料因其特殊的材质可提供帮助,如多种用途的过滤材料,或是为提高水保能力而修改过的土工布,作为巩固海、河堤坝的措施,或是用于景观建设。

开发过滤技术:频繁的强暴雨,可导致不同水质的水混合的危险,改善过滤技术因此具有意义。纳米技术可应用于过滤程序。另一个应用领域是海水淡化。

改善卫生条件:气温提高带来卫生问题。过滤技术也可在保障卫生条件方面发挥作用。

(3) 纳米技术——保护环境与资源的行动

NanoNature 支持计划:该计划支持用于环境保护的纳米技术,如水、空气净化工艺,土地修复与饮水处理。其他重点为:产品制备方法,工业材料再利用,环保型分离程序,利用过滤与分离方法减少物质融入环境。

材料效率、稀有原材料的替代及回收:稀有原材料替代与节约,尤其对于广泛使用的产品,是重要发展目标,比如利用纳米材料来替代催化器和电子产品中的贵金属。高科技产品尤其依赖关键材

料,而这类材料仅存于地球上少数几个地区。纳米技术可用于材料替代、提高效率,比如对报废产品更高效的材料回收,可以通过新的粘合技术(纳米胶)而修复。在化学工业中,新的纳米催化剂成为替代反应路径的基础,在低温中节电运作,借助选择能力(小量的副产品)实现材料最佳运用。全新的材料源,如环保型生物塑料,具备取代汽车制造中传统的聚合物或金属的潜力。它们产自可再生原材料,不仅废气接近中性,而且不再依赖石化原料。

碳纳米材料——替代与物质效率:碳纳米管在开发新材料中有重要意义,为此德国 2008 年启动了创新同盟“碳纳米材料征服市场”。此同盟框架内有研究和应用项目,结合研究碳纳米材料对人与环境的影响。今后的研究将以节省资源为主要目标,如在生产透明电极(液晶显示器与有机发光二极管)中取代或是减少铟在铟锡氧化物中的应用,替代导电材料(如导电银),或是用于催化器(替代铂金或是其他催化器金属),或是在建筑中运用碳纳米管来强化材料(减少用料而保持同等承受力),同时进行材料影响研究。

损耗小的环保型摩擦材料:很多系统的功能如制动、离合、碾轧等都要依靠非润滑接触面的摩擦作用,摩擦接触的优化需要使用有复杂结构的复合材料,在设计这类材料时,纳米技术设计可以帮助获得理想的摩擦特性,比如改善制动效果、减少磨损。开发环保型摩擦材料的重要目的是,在降低磨损的同时对材料成分组合有更好的控制,替代对环境有害的物质,找到防止纳米粒子排放的方案。

可持续性水利新材料:21 世纪的全球挑战之一是饮用水和工业用水可持续性供给,降低水资源浪费与保障水循环。利用特殊材料的技术解决方案针对整个价值开发链,从水获取、运输、分配、处置到净化,具有核心意义。在开发高效纳米过滤膜以及环保型试剂和催化剂方面,有着很大的研究需求。同样在吸附工艺上,纳米技术也会得到更多运用。

资助行动“纳米进入生产”:纳米技术可作用于程序化和经济环保地生产更高能效、更节约资源的产品。为此需要研发出程序与设备,以检测并确定纳米粒子的特性、纤维、分层及交互作用。重点是纳米粒子的无尘生产、基体材料加工、表层涂层、可靠的网络分析。

利用多尺度模拟的新型安全组件:新的模拟策略可对材料结构和由此形成的特性有新的见解。依靠多尺度模拟,可以确定原子层材料表现的电子原因和分子层复合程序的交互作用,以便理解并预告用于宏观层面时的组件表现。对原子与分子层面上的,即纳米技术过程的认识,才是改善生产程序和产品特性的基础。多尺度模拟可以显著改善对纳米层与其他系统层高动态相互影响的理解,开发更快、更高效的拳头产品。

环境减压潜力研究:使用纳米技术,具有在产品生命周期中更高效利用能源与原料的潜力,达到减排与降低能耗的目的。要了解具体产品的环境减压的实际潜力,须建立普遍认可的评价矩阵,能概括产品的整个生命周期,并以一个系统设置的机遇-风险-平衡形式,来分析评价纳米技术应用对可持续发展的创新潜力。

2. 卫生/粮食和农业

在卫生领域,用于诊断与治疗的纳米技术有很大发展,德国政府对医疗卫生研究的支持措施,一直延伸到早期临床研究。

(1) 纳米技术——优化诊疗的行动

分子成像:分子成像创新同盟的研发目标是新型诊断手段、用于临床和药物开发的成像程序。同盟致力于证实分子与细胞层面上的生物程序,以便能够早期发现疾病,更好诊断,提供针对性治疗。除了纳米粒子对用于分子成像的新颖造影剂的意义,它们还可以用于诊断传感器,或是用于疗程。在初期行动中就已经形成了集成“诊疗”方案(Theranostik)。

量身定制的疗程与纳米医学:对新药物的研究已在全球深入展开,高效能、高特性的药品,部分已经可为患者量身定制,显示出个性化治疗的前景与趋势。为能全面利用有效药物的潜力,需要有新的给药系统(药效释放系统),它们能在足够高的剂量下,有控制地定向释放药效。纳米材料与纳米技术推动开发更好的注射器、吸入器、给药系统,其中极佳的创新领域是器械-药物-组合,比如有药物涂层的血管支架,纳米技术尤其可以应用于涂层与控制药物释放的矩阵。

个性化移植与假肢:人口结构的变化使得老年疾病研究日趋重要。移植是肌肉、骨骼疾病也是受

损器官功能康复的主要手段。纳米技术可大大提高植入物的性能,促进其与人体组织的相容,因为植入物与生物环境的交互作用主要发生在纳米尺度上。

再生医学与纳米结构的生物材料:创新型生物材料与其程序化可以促进再生医学更广泛的临床应用。至今尚无合适的人工三维支架结构体,能足够好地模仿器官的结缔组织并保障血液流通。为此需要量身定做的、纳米结构的生物材料和方法。生物技术有能力替换受损组织,在将来或许可以移植整个器官。未来的课题除了获得合适的细胞材料外,还要研发实际可用的培养系统,而纳米技术与纳米程序技术可大大推动此领域的进展。

农业与粮食产业也可从纳米技术获益,主要集中在前期加工领域。联邦政府为在此领域安全负责地使用纳米技术,资助管理部门的随同与安全研究。

(2) 纳米技术——应用于农业与食品加工业的行动

具有研究需求的领域:

- 纳米技术应用于作物保护,以提高效率,减少活性物质量,改善农用化学品的组合;可调控性承载系统,用于物理和化学活性物质有针对性的释放(pH值、紫外线辐射、酶等);纳米材料可控式农业应用的影响评估;

- 纳米技术程序,用于更快、更经济、更准确地诊断动植物疾病;

- 纳米食品添加剂的证实与量化分析方法;

- 应用与食品储存、运输、加工的易除性纳米涂层;

- 用于功能性食品包装;

- 用于提高食品添加剂的生物利用度;

- 顾及农业高性能要求,开发发动机与变速器;

- 为农业可再生能源生产和电力利用的融合,开发产电链新方案。

3. 汽车

在汽车工业,纳米技术已为安全、可持续与舒适做出了很多贡献。现在的重点是电动汽车。为实现德国至2020年引领电动汽车技术的目标,需要对包括纳米技术的研发提供支持。

纳米技术——用于电动汽车与交通建设的行动:

开发价格经济、资源节约型驱动工具:为能经受竞争,现代汽车的复杂功能必须节能且有成本效益。纳米技术的广泛应用性,可以相应降低造价,同时提高组件的可靠性与环保性,也可以在能效、安全与舒适方面带来创新。纳米技术净化尾气,利用小量贵金属便可扩大催化表层;在喷射系统,用于气缸导轨壁涂层,制造更高效引擎。

纳米技术用于电动汽车:高效储能是电动汽车的核心。利用纳米技术与材料可克服其中的障碍。需要研究的领域有针对电动汽车、机动车辆与设备的电池技术和网络集成。纳米技术新的应用首先在电极与导体材料,目的是增大能量密度,缩短充电时间,提高可靠性与寿命。其次纳米技术有助于批量生产电池,在功能与匀称性方面达到极高的质量标准。此外,纳米材料对于将会用于混合动力汽车与电动汽车的超级电容器具有意义。纳米技术也能为使用燃料电池汽车铺路,尤其是通过开发氢燃料的高效储存工艺。

纳米材料用于智能道路:集成、可持续的交通,需要高效的交通载体和相应的交通基础设施。为维护、维修与新建道路与设备,涉及街道、桥梁与铁轨,需要创新技术与材料。利用纳米材料,可在现实的经济框架条件下,为街道与其他交通设施添加新功能,比如降低噪声或是“路-车-通信”传感系统的集成。

4. 通信

在纳米领域里,可以观察到新的量子物理效应,可以利用其来发展量子计算机。量子通信可提供全新的、符合物理基本规则而绝对安全的信息传输。

纳米技术——在通信领域中的行动:

(1)量子通信提供安全通信的基础:量子通信的基础研究,可给未来的电信网络提供本质安全的信息传输。通常作远距离传输时,量子信息在经过一定的传输距离后,为使继续传输保持可靠,必须要重新处理。为实现这一步,需要发展全新的组件,即所谓的量子中继器。为获得这个组件,需要有运用纳米技术的控制系统,如原子、离子与半导体结构。关注点在于采用具有内聚特性的新材料,如钻

石中的图形与色心。

(2)有机分子或可印刷电子:新型可持续电子的基础,已不再是死板且高成本的须光刻处理的起始材料硅,而是有机分子或是纳米粒子系统,后者可以简单经济地印刷或是蒸汽沉积。由此可实现大面积应用,比如,用于照明、有机发光二极管显示器、或是有机光伏组件、或是可任意塑形的柔性基板。纳米技术在很多方面对可印刷电子有独到作用。有机发光二极管或光伏的大面积应用立足于纳米厚度多层膜的精确离析。另外有机分子或纳米粒子的印刷,在量身定做的膏、油墨与其他印刷技术组合方面,有新的方案。

5. 安全

防范自然灾害、重大技术事故以及日趋严峻的恐怖主义,是德国政府支持科研的目的之一。随着恐怖与刑事犯罪活动的全球网络化以及公民安全保障要求的提高,比如国际运输与商品链需要得到安全保护,对安全产品的技术要求也随之提高。除了危险防范和建立安全标准,安全技术产品与服务也给产业提供了机会。据统计,2008年德国安全技术产品与服务的市场成交额达到200亿欧元,增值潜力很大。安全技术产品与措施的有效性,以技术优势为前提,纳米技术作为功能材料有很大的作为空间。

纳米技术——用于安全防护的行动:

(1)文档保护与产品安全——利用产品甄别、标识系统,生产光学防伪标识:文档安全与产品保护的主要动力来自仿造与假冒带来的巨大损失,其数额全球每年在6000亿美元左右。假冒产品的范围从高档消费品、担保文件、货币到药品、汽车及飞机零部件。为防伪,已有一系列利用纳米技术与纳米生物技术材料的产品甄别与标识系统问世,比如荧光纳米粒子、纳米尺度的结构化程序,还有光学防伪标识。生物材料也可利用,比如用于防范担保文件被复印或仿造的防伪油墨。

(2)开发纳米技术材料,对付重大事故的恶果:净化和过滤技术可应用于重要基础设施与技术设备保护,具有极大的市场潜力。在民众防护与灾害防护方面,如何应对恐怖袭击或重大事故释放的化学、生物、核武器有害物质带来的危害,是全新的挑战。已有的化学纳米技术,可用于生产能自我净化

的纳米构造表层,并在度身定制的多功能涂层系统中,集成有积极催化功能的纳米粒子。在此基础上,可开发出更好的净化技术,有更高的长期稳定性和更广泛的使用范围,使消除化学危险物质与生物制剂灭活成为可能。

(3)为警察与救援人员的安保系统开发防弹防刺的纳米材料:同样有前景的安全技术应用领域是为保护警察与救援人员、防范危险物质、爆炸、烧伤与弹击,开发集成防护系统。主要开发防弹防刺纺织品,比如采用聚合纳米复合材料。在材料技术工艺上,主要采用耐拉伸耐冲击的碳纳米管纤维,或是在防弹背心中使用纳米流体以及开发化学或自愈性耐热服。

以上是对德国《纳米行动计划 2015》有关战略目标、研发现状及重点领域的要点介绍。新五年计

划的“改善框架条件”、“提高竞争力”、“扩展领先地位”、“加强国际合作”等部分,也有相应配套的目标与行动规划。■

参考文献

- [1] BMBF: Aktionsplan Nanotechnologie 2015.
- [2] BMBF: nano. DE -Report 2009. Status Quo der Nanotechnologie in Deutschland.
- [3] BMBF: Nano-Initiative-Aktionsplan.2010.
- [4] BMBF: Nanotechnologie, Innovationen für die Welt von morgen.
- [5] BMU: Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologie.
- [6] Nanotechnologie -Eine Zukunftstechnologie mit Visionen. www.bmbf.de/nanotechnologie.php.
- [7] Nano-map aus www.nano-map.de.

Germany's New Five-Year Plan of Nanotechnology

GUO Minghua

(University of International Business and Economics, Beijing 100029)

Abstract: Nanotechnology Action Plan 2015, a new five-year plan introduced by German government in early 2011. Nanotechnology, a future-oriented technology, is the driving force for enterprise innovation. This paper takes focus on strategic objective, status and important action of Germany's Nanotechnology Action Plan 2015.

Key words: Nanotechnology; Action plan; German government