

德国光学技术发展的经验与启示

李 鹏¹ 刘 彦²

(1. 中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

(2. 中国科学技术发展战略研究院 产业科技发展研究所, 北京 100038)

摘 要: 德国政府新近公布了《德国高科技战略2020》, 重点关注八大领域, 这些领域中的关键技术为德国经济的快速稳固发展提供了不竭动力。本文选取其中的光学技术领域为例, 描述德国政府重点资助本领域中10个研究项目, 以及支撑此研究计划独特的资助模式。还分析其取得成功的主要原因。德国的《高科技战略: 光学计划》是一项联合集成政府、经济界、科研机构、高等院校和各类中小企业力量的中长期科技战略规划。

关键词: 德国; 光学技术; 中小企业创新联盟

中图分类号: G323/327 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2011.03.008

一、前言

2006年8月, 德国政府首次推出了将科研与创新连为一体的“国家高科技发展战略”, 将技术描述为“关键技术: 创新驱动”(Key technologies: Drivers of innovation)。德国政府认为, 新兴技术及其衍生的新产品、工艺和服务, 有助于应对当前社会挑战。没有这些关键技术, 创新在今天是不可想象的, 德国经济的未来取决于如何有效利用这些关键技术, 最终为加强其在世界上高科技战略争夺战中的领先地位服务。

2010年7月14日, 德国政府在2006年高科技战略基础上, 进一步修改和完善了德国的高科技发展方向:《德国高科技战略2020》(Hightech-Strategie 2020 für Deutschland)。结合2006年制定的高技术发展战略, 重点关注8个关键技术领域: 信息和通信技术、光学技术、生产技术、材料技术、生物技术、纳米技术、微系统技术和创新服务。上述技术领域为诸如汽车工程、医疗技术、机械工程和物流业等

行业提供支持, 这些关键技术为应对时代挑战提供了解决办法。

二、德国光学市场发展概况

以光学技术为例: 在激光材料加工、光学显微镜和新型照明技术领域, 德国是世界市场的领先者。全世界所使用的激光系统, 有1/4产自德国, 而用于材料加工的大功率激光系统甚至占到了1/3。德国照明行业、激光和光学元件生产厂家目前有11万从业人员。到2010年底, 该行业现有的一千家中型企业员工人数增加了约40%。企业界每年的科研投入近16亿欧元, 每年R&D支出占总收入的9.7%左右。光学领域对国内制造业影响约为16%。经过近20年的发展, 以LED为例, 德国约占世界市场份额20%。在其他光学技术范围内, 德国占有高达40%的世界光学市场份额。

从2002-2007年, 德国政府用于光学技术研究的拨款总额达到2.8亿欧元。政府的资助策略是促进产业界与科技界的紧密合作。两个重要目标是: 一方面在企业 and 科研机构之间建立协作网络, 另一

第一作者简介: 李鹏 (1982-), 男, 中国科学技术信息研究所 在读硕士研究生; 研究方向: 产业科技政策、竞争情报分析。

收稿日期: 2011年1月11日

基金项目: 国家软科学计划项目 (2008GXS3K045); 科技部政策法规司科研项目 (2008GXS3K057)。

方面加强对光学技术基础研究的科研投入。

三、光的奇迹《光学 2020 战略》

2009 年 6 月 15 日,德国政府正式发布了《光学 2020 战略》,计划在未来 10 年,该领域总体投资超过 150 亿欧元。光学技术为经济发展提供了强劲的动力,业内人士预计到 2015 年,光学市场的飞速发展能为德国经济发展年均拉动力贡献约 7.6%,到 2015 年,将新增约 4 万个就业岗位。本行业届时将在德国雇用 14 万人。

德国联邦教研部制定的光学技术发展战略具体计划如表 1 所示:

表 1 德国光学计划的 10 个子重点领域

具体领域	基本定义	实施步骤	项目细节
生物光子学	生物光子学涉及以光为基础的技术在医学和生命科学问题中的应用。这些技术包括先进的显微镜和光谱技术,在此领域激光作为一种医疗工具使用,用于细胞生物学手术中。	2001 年,德国政府的生物光子学研究正式立项;这是一个跨生物和医学问题的研究项目,以光学提供解决方案。有超过 100 个机构加入 26 个研究项目。由联邦教育与研究部(BMBF)提供 5000 万欧元经费支持。发起人是德国工程师协会(VDI),主要参与者有 100 多家机构,主要有高校、研究所,以及公司实验室组成。例如:卡尔蔡司公司、拜耳实验室、飞利浦研究实验室、柏林大学医学院、汉堡工业大学、弗劳恩霍夫实验医学物理研究所等。通过一系列的展会、国际研讨会等形式推广已取得的成果。	项目具体开展情况: Biophotonik 2 (生物光子学 2 期) 主要由 8 个子项目构成。 Biophotonik 3 (生物光子学 3 期) 包括 8 个子项目。 MoBITec - 分子成像技术(包括 5 个子项目)。 Biophotonik-光学技术在生命科学中应用于细胞学包括 4 个子项目
通信技术	光通信技术是当今互联网的基础技术。在各大洲之间用光纤进行大规模数据传输的同时,随着互联网飞速发展,亟待把光纤技术同样应用于国内地区间的数据传输。“最后一公里”连接目前仍以铜线线路为主要解决方式。	德国企业和研究机构为维持其在国际竞争中的市场地位,在 2010 年至 2013 年实施的“通信技术”资助合作研究项目。总共有约 1500 万欧元的资助项目。	作为“光学技术”及“信息和通信技术 2020”的交叉性课题,本计划特别鼓励中小企业参与。主要发起人是德国航天技术中心(DLR)负责“信息和通信技术 2020”和德国工程师协会(VDI)负责“光学技术”本课题对网络的架构以及网络的安全性提出了具体要求。
激光技术	激光在现代社会大生产过程中发挥关键技术作用,设计更轻便的汽车和飞机,改进焊接和加工速度。对产品生产技术、产品质量和性能要求、减少生产原材料的浪费等,激光应用技术提供了一个经济和环保的生产条件。	德国激光设备制造商为了保持其在世界的领先地位,积极响应联邦教研部的计划。该课题联邦教研部计划主要由激光光源和激光应用技术两大部分构成。其中激光光源计划在近几年内总计提供 1 亿欧元的资助,激光应用技术提供 3200 万欧元资助。	主要由激光光源(BRILAS-高功率激光二极管,FEMTONIK-超短激光脉冲、INLAS-高集成光学元件三大子项目构成)和激光应用技术(MABRILAS-激光加工技术、XUV-紫外显微镜)两大部分构成。
高亮度 LED	为了支持国内灯具制造商和大中型照明企业发展,进一步巩固德国在全球的技术领先地位,BMBF 在研究领域给予资金支持。以白光 LED 为主要突破口,增强电到光的转换率,以及国内芯片产量。	重点在十个城市推广半导体照明工程(为每个地方当局提供 200 万欧元补贴。),同时开展“NanoLux-白光 LED 照明”研究工程。本计划关键产品集中于一般照明和汽车用灯上,要求实用光效率提高到 1000 流明/瓦。	NANOLUX-白光 LED 模块项目包含 3 个子课题。 Wettbewerb Kommunen in neuem Licht: (点亮地方计划) 主要在十个城市推广
LED 照明市场化推广	由联邦教研部负责在发光二极管(LED)领域将最新研究成果推广到普通照明并克服推广传播过程中的种种障碍。同时也考虑到 LED 技术不能简单地取代现有的照明系统。	主要由 7 家机构构成:联邦教研部(BMBF)、中央电气和电子工业协会(ZVEI)、Lichtcontracting-Firmen (公司)、OSRAM GmbH、德国柏林工业大学、European Business School (学校)、Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) (科研机构)。	主要推广方式以研讨会为主,LED-Leitmarkt gemeinsam entwickeln (LED 推广研讨会),同时以政府资金支持地方政府建立照明示范工程:“Kommunen in neuem Licht”项目。

有机电子	有机电子关注的是具有特殊性质的聚合物（塑料）电子元器件。近年来，对聚合物和其他有机材料的研究进展飞速，除已知的绝缘性、导电性或半导体特性。光能转换成电能的研究取得重大进步。这使得它在诸如晶体管、发光二极管其他原材料制成的太阳能电池电子元件成为可能。	涉及有机导体和超导体、有机半导体、有机绝缘体等方面的研究，目前研究主要集中在有机半导体等领域，相关的材料和器件的应用。	主要开展项目有两个：有机发光二极管（OLED）与有机光伏（OPV）。项目初次计划本阶段开展三轮，每轮政府投入资金高达2亿欧元，时间为一年至一年半，总体跨度5年。 Organische Leuchtdioden Phase 2（OLED2期）。 Organische Photovoltaik（有机光伏1期 面向“光学技术”“能源基本问题”等）。 Organische Leuchtdioden（面向“光学技术”、“IT研究2006”等）。
光学元件	现代光学元件比传统的球面镜片强大许多倍。从非球面和自由曲面到一个衍射光学元件（DOE），为高品质的光学系统设计等提供了可能。其基本要求是符合成本效益的复杂的制造过程，也包括对零部件精密特性的控制。	目的是增强德国光学产业的核心竞争力，并促进在光学成像技术上的发展。	主要由两个大项目构成：Freiformoptiken（自由曲面光学器件）包含8个子项目；Optische Komponenten und Systeme für Volumenmärkte（光学元件和光学系统）也包括8个子项目。
等离子体技术	等离子体技术的创新应用于许多领域：存储技术、平板显示器、太阳能电池、汽车、电子、玻璃涂料、光学、装饰、医药等，是一个典型的跨部门跨行业的技术领域。	发起人为德国工程师协会（VDI），主要负责者为弗劳恩霍夫协会精密仪器研究所（Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF），主要参与者由六个研究中心和8个工业顾问委员会组成。该项目由7个子项目构成，由上述六个研究中心分别负责（鲁尔波鸿大学负责两个项目）。	参与者是开放的大学，非大学研究机构和工业公司。该倡议的领导必须由大学或其他研究机构（马克斯普朗克协会、弗劳恩霍夫协会、亥姆霍兹联合会、莱布尼茨研究所）新组合成立联合体。2008年开始试点阶段，总体资金计划不超过15亿欧元。同样在企业缴纳的工业税收中，参与者可以获得50%政府津贴支付。特别优秀的中小企业甚至可获得100%的税收优惠。
光学传感器/分析仪	光学技术提供了测量、分析和捕捉的能力，并为未来生产提供了新的方向。从电机传感器到移动电话测试仪，从食品分析到3D相机。光学技术灵活、快速发展，非接触式传感器和测量系统由于其独特的光学特性越来越多地用于监控生产过程和环境分析。	分为“太赫兹系统”（2个系项目）、“光学测量和测试方法”（12个子项目）属于“光学计划”的一部分。本课题作为“IT研究2006”的一部分，发起人是德国航天工程中心（DLR）和德国工程师协会（VDI）。	主要研究项目：三维成像测量（Bildgebende 3D-Messverfahren）、图像光学处理、气体分析和量子级激光 Gasanalytik mit innovativen Strahlquellen（Quantenkaskadenlaser）、机械表面测量、混合测量程序。
前沿探索性研究	应用研究和发​​展需要新知识、新观念。但是这些至关重要的前瞻性研究往往缺少组织者，也没有考虑目前最迫切的需要，因此提出新的解决方案是必要的。这将不仅仅局限于一个单一的研究和公司发展的需求，跨学科的探索性研究是非常必要和有现实意义的。	项目目标为国内高校提供额外的科研经费支持，特别强调高校与其他研究机构的合作。2002年德国政府专门出资2.4亿欧元建立了高科技创业基金。	主要由两大方向构成：“Novel Optics”-Neuartige Wirkprinzipien（新光学-新的作用机制）10个项目和“Wissenschaftliche Vorprojekte – WiVoPro”（前沿科学）29个子项目。“未来的研究探索”是本项目的主题，主要集中于：硅光学、量子光学、纳米光学材料和器件/光的可操控。

数据来源：根据德国联邦教研部光学发展计划数据整理绘制。

上述 10 个研究领域的提出，主要由联邦教研部组织，德国工程师协会作为规划的制定者，为德国当前以及未来的光学技术发展量身打造，有着很强的技术紧迫性和广阔的发展前景，给德国光学

技术今后几年的发展提供了一个清晰的发展路线图。总体上讲,上述 10 个子领域的项目申请流程和

具体实施步骤如图 1 所示:

由联邦教研部 (BMBF) 负责光学技术发展计

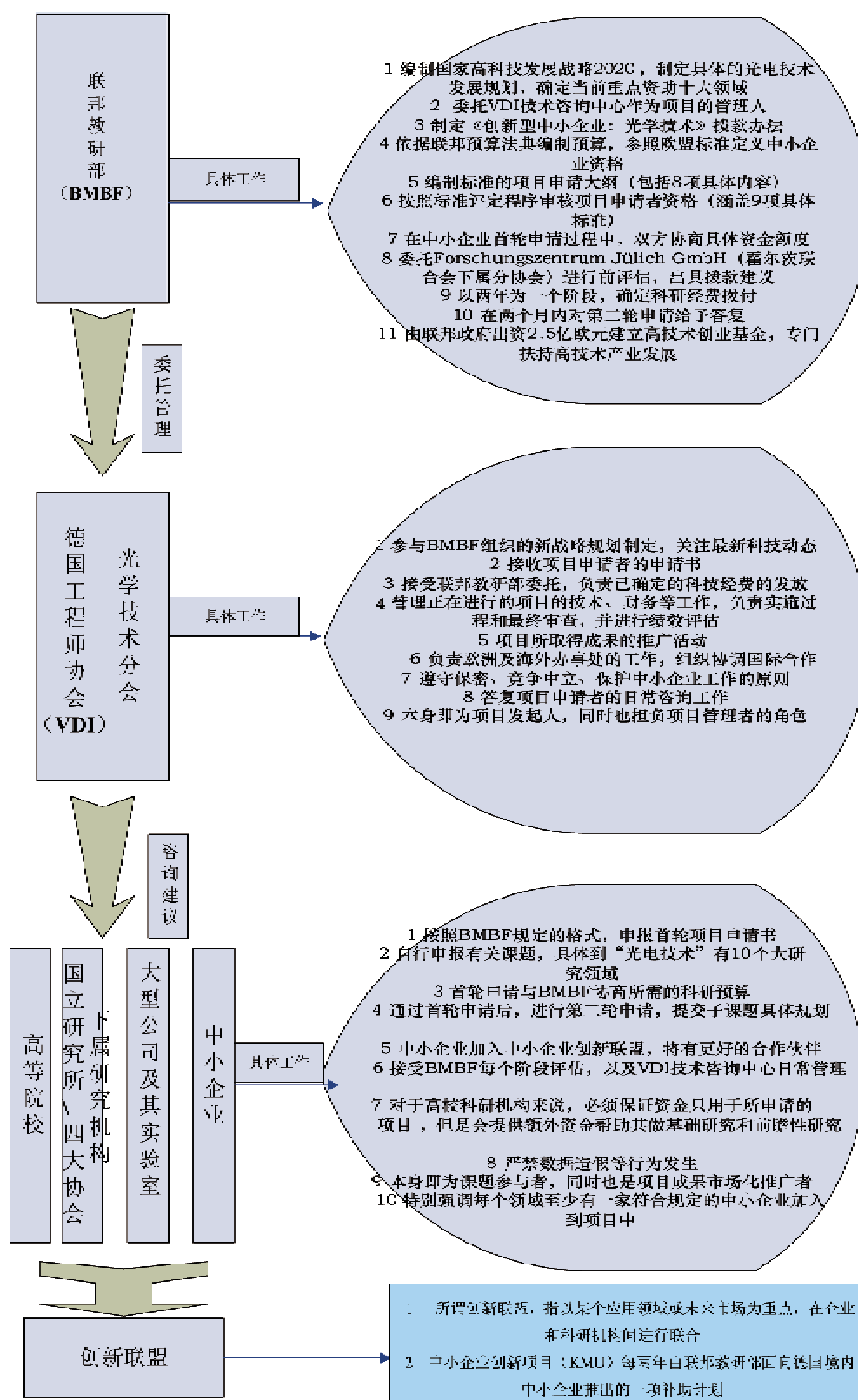


图 1 光学领域项目参与者业务流程和具体职责

划,并对重点领域提供科研经费支持,同时委托德国工程师协会(VDI)编制详细的光学技术发展战略规划,接收各类型科研机构的项目申请,对联邦教研部委托其管理研究经费具体发放和资金使用情况审核。具体到项目参与者,是由高校、科研机构、大型公司以及中小企业以组成创新联盟的形式共同完成,尤其是这些中小企业是德国重要的经济支柱,在德国经济发展中扮演着不容忽视的角色。

总体上来看,德国光学领域的研究框架分工严谨、权责明确,政府部门负责制定和资助那些有战略意义的研究领域;VDI作为联络人起着沟通和纽带的作用;由企业、高校、科研院所组成的创新联盟构成了研发的主力军。该计划的主要目的是鼓励中小企业间或企业与科研机构合作、改善中小企业科研项目融资条件、鼓励企业接受专业创新咨询服务等,为德国光学技术发展提供技术支撑。

四、思考与启示

德国的《高科技战略:光学计划》是一项联合集成德国政府、经济界、科研机构、高等院校和各类型中小企业力量的中长期科技战略规划,充分考虑了“科研”和“市场”两种因素的有机结合,加强了高校及其他科研机构的科技实力,增强了中小企业自身的创新能力,并实现科研成果迅速向市场转化。具体来说,其成功之道有如下几个主要方面:

(一)特别注重中小企业在创新中的参与

德国政府教研部规定,上述10个项目中必须有一个或者以上的中小企业参与其中,方可开展相关计划[中小企业创新核心项目(ZIM)]。特别重视中小企业的参与,中小企业不仅是创新的重要动力,而且也是科技成果转化的重要载体,肩负着学术界与工业界的接口职能。近几年来的发展表明,中小企业是创新链条中必不可少的一环。因此,在项目的审批环节上,更加注重对中小企业的支持,特别简化了审批流程,扩大了对中小企业的咨询诊断服务。

联邦教研部依据《联邦预算法典》编制的“创新型中小企业:光学技术”资金使用办法中,不但有详细的标准对中小企业的认定提供了依据,同时也给予那些参与项目的中小企业很大的资金返还:对中小企业的资助额上限为其项目总投资的50%,对大

学或研究机构的资助额上限可达100%。总体上来讲,联邦教研部《高科技战略:光学计划》中的资金主要用于支持工业研究和衡量当前开发活动竞争能力,以加强本国中小企业的创新能力。鼓励中小企业在研究和开发上投入更多的资金和人力支持创新研究,如果没有这些补贴则中小企业自身实力不足以执行上述科研项目。最终目的是加强那些有竞争力的中小企业加速技术成果转移。

(二)标准化战略布局

从2006年开始,德国陆续在上述10个领域的重点研究方向上设立标准化工作组,对相应问题开展研究。如为了反映德国在LED方面的关注,并推动LED标准成为欧盟标准,INS(德国标准化协会)组织了3个关于LED的工作组,分别是LED基础工作组、LED相关领域工作组和LED测度工作组。

从2006年开始,关于LED的3个工作组开始运作。INS在完成“标准化的经济效益”研究后,结合其高技术发展战略制定的标准化发展重点。通过INS的实施,取得了良好的效果,不仅进一步强化了德国在国际标准化中的地位,更进一步巩固了德国在光学技术、纳米技术、能源利用等高新技术领域在世界上的领先地位,并促进了相关产业的稳步发展。

另外,VDI(德国工程师协会)本身也是一个标准制定和参与者,在过去的50年,VDI已经建立起了一套比较系统的技术标准。截至2009年底,该标准体系已经超过2万多条,基本覆盖了所有技术领域。为了适应科学技术的发展,这些标准还在不断更新,每年大约有120~150条新的技术标准问世。通过这些标准的制订和实施,很好的维护了本国会员的切身利益,以标准化战略性布局提升了本国产品乃至行业的国际竞争力。

(三)国际化合作平台

1. 欧盟范围内的合作

为加强欧盟各国行业协会的联系,推动联合研发项目,欧盟创建了Cornet网络,即紧密联系各国的行业协会,加强交流,推荐审核合作项目。目前已有来自17个国家的23个行业协会加入了该网络。Cornet每年举行一次大会,审核申请项目。德国由“工业研发联合会”(AIF)具体协调Cornet事务,并向联邦教研部负责。

2. 光学技术的欧洲技术平台——Photonics21

Photonics21 作为一个欧洲光学技术平台,于 2005 年 12 月成立,由 1500 多名来自 49 个国家的光学领域专家组成。由行业龙头企业和研究机构联合参与建设 Photonics21 技术平台,目的是支持欧洲光学行业发展以进一步巩固欧盟在国际光学技术的市场地位。在七个领域(信息和通信、工业制造、生命科学、照明、安全和测量技术、光学元件和系统,以及教育和培训)由来自学术界和工业界的众多专家提出咨询和建议,供欧盟委员会参考制定其发展战略,以促进整个欧盟范围内的合作。该平台还将确保国家之间更好的协调和资助研究活动的实现。

2006 年底,工作组成员向欧盟委员会提交了光学技术的第一个战略研究议程(SRA)。2010 年 1 月在布鲁塞尔将新的战略研究议程“灯饰前进方向”再次提交给欧洲委员会。该项议案认为欧洲需要一个共同的倡议,以维护自身的行业利益。探讨光学在未来广阔的应用前景,同时为获得就业机会和未来的财富创造条件。许多欧洲的重要工业部门,从芯片制造、照明、医疗保健和生命科学到空间、国防和汽车业都需要光学技术的支持。没有活跃可持续的光电子技术创新活动的支持,这些行业会很容易受到来自亚洲国家或美国的挑战。

3. 与其他非欧盟国家合作

国际范围内的 R&D 合作可以加强德国的研究和实现技术互惠互利,巩固德国企业的市场竞争地位,确保德国的竞争力。作为德国“光学技术”R&D 国际合作的一部分,与俄罗斯、中国、以色列等国一直保持密切的合作。例如:早在 1992 年德国和俄罗斯签订的“贸易协定:激光技术”条约框架下,德国和俄罗斯在光学领域的合作已顺利开展了十几年,主要侧重于激光测试技术,在莫斯科建立了激光测试与应用中心。俄罗斯专家接受到德国专家的激光技术培训,迄今为止总计培训了 150 名俄罗斯专家。双方的合作研发逐年增加。

4. 跨国研究资助情况

经济日益全球化和新的开放市场的趋势,为更多的德国企业和研究机构提供了大量的机会参与跨国研究,特别是欧盟范围内的研究,在来自欧盟额外的科研资助的大背景下,德国政府制定的国家

高科技发展战略中明确指出:在中长期内德国科研机构将积极与欧洲和国际层面展开合作研究。在欧盟框架内的欧洲特别委员会第七框架计划(FP)基本目的为民用领域服务。具体到光学技术,有专门的光子学欧洲委员会。为整个计划提供国家层面的帮助,对各国主要负责科研规划的政府机构提供与其他会员国进行横向联系的渠道,主要涉及国家层面的 R&D 资助项目的协调和联合推广。相关委员会将会主动帮助或提供部分资金援助。

(四)独特的教育培训体系

BMBF 的倡导涵盖整个教育链:包括在幼儿园和小学的儿童直至大学和职业教育或培训。为应对光学技术市场不断扩大的趋势,亟需大批专业素质的人才加入,这其中约有超过 20%的员工要求具有本科或以上教育背景。因此,BMBF 委托 VDI 在全国范围内开展为期 5-10 年的“FaszinationLicht”计划,以唤起儿童和学生光学技术的浓厚兴趣,为工业发展和科研开发提供高素质的后备人才。

包括为那些 5-11 岁处于幼儿园或者小学的孩子提供参观专门光学展览馆的机会,建设专门的电子图书馆供孩子们下载生动的光学科普资料,同时也为孩子们的老师提供相关专业入门知识培训。对于那些青少年学生,则启动“FaszinationLicht – eine Reise in die Welt des Lichts”(世界光明之旅),通过建设主题公园和开展巡回展览的方式为青少年提供更加直观的学习平台。对于那些高校和研究机构的年轻人才,则提供经费或者实习机会使其参与到光学项目的研究中。同时也会为那些高校和科研机构提供与有实力的企业合作的机会,通常是以“创新联盟”的形式开展此类合作。■

参考文献:

- [1] <http://www.hightech-strategie.de/en/687.php>, 2010-11-18.
- [2] <http://www.research-in-germany.de/research-areas/42242/optical-technologies.html>, 2010-11-20.
- [3] <http://www.optischetechnologien.de/index.php?id=581>, 2010-11-4.
- [4] <http://www.bmbf.de/foerderungen/12038.php>, 2010-11-4.
- [5] <http://www.optischetechnologien.de/index.php?id=hochschule>, 2010-11-5.
- [6] <http://www.optischetechnologien.de/index.php?id=225>, 2010-11-5.

- [7] <http://www.photonics21.org/index.php>, 2010-11-4.
- [8] http://www.optischetechnologien.de/index.php?id=internationale_zusammenarbeit, 2010-11-15.
- [9] http://www.optischetechnologien.de/index.php?id=internationale_zusammenarbeit0, 2010-11-15.
- [10] <http://www.research-in-germany.de/media-service/newsletter/nl-ausgabe-9/51326/celitement-production.html>, 2010-11-15.
- [11] 杨铎. 德国标准化研究重点领域分析. 标准化研究, 2008, (7).
- [12] http://www.dezhongtongxing.com/newsbg_detal_699.shtml. 2010-12-6, 德中同行.
- [13] 德国“高科技战略”的目标与措施. 公共商务信息导报, 2006-12-29, 第004版.
- [14] 德国优势产业和促进中小企业科技创新与国际研发合作的措施. 中国驻德国使馆经商参处. <http://www.cgmla.org.cn/news/news.asp?vid=728>. 2009-8-28.
- [15] 《PHOTONIK 2020》BMBF.
- [16] german research institutions at a glance, BMBF.
- [17] ICT-Information and communications technologies, BMBF.

Experience and Consideration of Optical Technology in Germany

LI Peng¹, LIU Yan²

(1. Postgraduate Department of Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

(2. Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038)

Abstract: This paper takes the part of optical technology from High-Tech Strategy 2020 for Germany as the example to describe ten key research projects funded by government and unique funding model. The paper also analyzes the main factor of success. The High-Tech Strategy 2020 for Germany, brings together government, business community, research institutions, universities and SMEs, is a long term S&T strategic planning.

Key words: Germany; Optical technology; SME Innovation Alliance