

捷克纳米技术研究机构布局

张云帆¹, 韩苍穹²

(1. 中国科学技术交流中心, 北京 100045;

2. 中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 捷克在传统优势产业基础上, 结合技术发展趋势, 将纳米技术作为研发创新的重点领域, 积极推进研究机构布局。共布局建设了5个大型研究基础设施和8个区域研发中心, 形成了以纳米材料为核心、产业应用为导向、国际化程度高、科教相结合的格局。

关键词: 捷克; 纳米技术; 研究机构

中图分类号: G321 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2021.03.008

纳米技术作为综合性交叉学科, 自诞生以来, 在全球范围快速发展。捷克作为中东欧地区传统的工业强国, 在化学、纺织、机械、电子和材料等传统优势产业基础上, 大力发展纳米技术, 取得了令人瞩目的成绩, 成为纳米纤维生产设备、电子显微镜和单晶材料的全球重要供应商之一。

捷克有超过250个公立研究机构和企业研究部门从事纳米技术研究, 研究机构、企业与大学密切合作, 积极培养纳米技术人才, 形成了一定人力资源优势。捷纳米研发领域人力成本优势突出, 相关专业在校学生超过9万人, 毕业生每年约2万人。研发人员薪资水平低于西欧国家, 仅为美国的35%、中国的85%。捷克设立纳米研发中心相关成本仅为相邻德国的40%。根据英国《金融时报》发布的《2018年外国直接投资报告》, 纳米产业最受外国投资者青睐的国家排名中, 捷克仅次于美国, 排名第二^[1]。

1 捷克政府将纳米技术作为重点领域支持

从欧盟到捷克政府都对纳米技术发展大力支持, 制定了一系列政策, 以支持纳米技术快速发展。

欧盟委员会发布的《为我们的未来做准备: 发

展欧洲关键使能技术总策略》中, 将纳米科技和微(纳)米电子与半导体、光电、生物科技认定为关键使能技术(KETs)^[2]。

捷克政府根据自身产业发展特点, 将纳米技术列为研发创新的重点领域之一。捷克政府在《2016—2020国家研发创新政策》中, 根据经济社会发展需求, 明确重点发展纳米技术、生物技术、数字经济、自动化、航空和铁路交通等关键领域的应用型研究, 以促进经济发展^[3]。在《国家智能专业化研究与创新战略》(RIS3)中, 捷克政府将制造技术(先进制造技术、先进材料、纳米技术、工业生物技术)、数字技术(微纳米电子学、光子学、人工智能)和控制论(安全性和连接性)作为经济优先领域, 使用欧洲结构与投资基金(ESIF)进行重点支持。其中明确纳米技术将在电子、生物技术、医疗和材料合成领域有广泛应用, 包括改进性能的纳米材料用于高效催化, 光伏和燃料电池能量转化, 空气净化和污染物处理, 靶向药物输送和生物相容材料等^[4]。

捷克技术署以《国家智能专业化研究与创新战略》为基础, 将纳米技术作为关键技术领域, 通过TRIO计划和TREND计划予以支持。其中TRIO计划旨在支持纳米技术等关键技术领域的研发创新和

第一作者简介: 张云帆(1987—), 男, 助理研究员, 主要研究方向为国际科技合作。

收稿日期: 2020-12-16

工业合作研究。实施周期从 2016 年至 2022 年底，预算 61 亿捷克克朗（1 捷克克朗约合 0.3 元人民币），该计划通过 4 批次部署，支持超过 500 个项目，以企业为主导，研究机构参与，项目执行周期为两年，单项限额 2 000 万捷克克朗。而 TREND 计划支持企业以工业 4.0 倡议为基础，在关键领域中引入现代化生产方式，主要鼓励企业开展研发活动，加强企业国际竞争力，推动研究成果应用于工业生产和社会发展。实施周期从 2020 年至 2027 年，预算 149.23 亿克朗，项目执行周期最长为 5 年。

此外，捷克技术署还推出了能力中心计划，整合已有的研发中心和卓越中心以及欧洲研究基础设施，建立更具应用创新潜力的前瞻性研究、开发和创新中心，推动研究机构和企业建立长期合作关系，打造创新领导者。该计划共制定了包括纳米技术在内的 11 个研究主题，支持建立了 34 个能力中心，计划执行周期为 2018 至 2026 年间，预算 89.79 亿捷克克朗。其中涉及纳米技术领域的能力中心项目有 10 个，主要包括先进显微和光谱技术研究（布尔诺理工大学），使用环保纳米技术和生物技术进行水和土壤净化（帕拉茨基大学理学院），石墨烯基纳米复合材料的应用（捷克科学院无机化学研究所），材料表面处理研究（Synpo 公司）等。

2 纳米大型研究基础设施布局

根据欧洲研究基础设施战略论坛（ESFRI）确定的路线图，捷克教育、青年与体育部结合技术发展趋势和捷克研究基础设施政策的统一部署，制定了《2016—2022 大型研究基础设施路线图》。研究基础设施均为相关领域内最先进的技术平台，拥有领先的科研设备和设施，设施运行基于开放式访问原则，向研究机构和创新企业等潜在用户开放使用。

捷克大型研究基础设施路线图中包括了物理科学与工程、能源、环境科学、健康与食品、社会科学和人文、电子基础设施 6 大学科领域的 48 个设施，共同构成了基础研究和应用研究的科研设施核心网络。其中涉及纳米技术的设施包括 4 个物理科学与工程设施和 1 个环境科学平台^[5]。

2.1 捷克纳米实验室

捷克纳米实验室（Czech Nano Lab）是成立于 2020 年 1 月的分布式大型基础设施，是中欧地区

领先的纳米实验室之一，由布尔诺理工大学负责，捷克科学院物理所、马萨里克大学共同参与。捷克纳米实验室为纳米技术和先进材料的前沿研究提供全面的设备、专业知识和服务。此外，还积极参与了欧洲和全球研究设施网络，如泛欧洲纳米加工分布式大型研究基础设施（Euro Nano Lab）、国际真空科学技术和应用联盟（IUVSTA）和美国真空学会（AVS）等。

捷克纳米实验室由两部分组成，分别是：

（1）中欧技术研究所纳米实验室（CEITEC Nano）位于捷克第二大城市布尔诺，是中欧技术研究所（CEITEC）的重要组成部分之一。其由布尔诺理工大学和马萨里克大学合作运行，由 2 个核心设施组成——纳米制造核心设施和纳米表征与结构分析实验室，是捷克最大、中东欧地区领先的纳米洁净室，能够在高清洁度的无尘环境中，为纳米物体的制造和表征提供复杂的过程，直至亚纳米级。中欧技术研究所纳米实验室研究领域包括低维系统物理化学（自旋电子学、纳米电子学）、材料科学、化学、表面工程、生物化学、生物工程和生物医学等。主要有四部分：纳米制造实验室，主要生产纳米结构和纳米组件；纳米表征实验室，主要检查、测试样品；结构分析实验室，主要从事材料结构研究；3D 计算机层析成像实验室，主要使用 X 射线对材料结构和组成进行分析。

（2）纳米结构与纳米材料实验室（LNSM）位于捷克首都布拉格，成立于 2008 年，2010 年加入大型科研基础设施。由捷克科学院物理研究所的两个实验中心合并而来，分别是半导体纳米结构制备与分析中心和块状金属纳米材料中心。其主要的沉积系统、显微镜和其他科研设备总计价值超过 2.8 亿克朗，资金主要来源于捷克科学院、教育体育部的相关项目，以及使用欧洲结构和投资基金的研发创新运营计划。纳米结构与纳米材料实验室研究基础设施致力于为研发各种无机纳米材料（半导体、金属和陶瓷）和纳米结构（颗粒、线型、平面、单层、薄膜和块状纳米结构材料）提供服务。主要制备半导体材料和用于微电子学、纳米电子学和自旋电子学、光伏、光子学和医学的纳米材料和纳米结构。

2.2 材料与纳米技术中心

材料与纳米技术中心（CEMNAT）由帕尔杜比

采大学负责, 2015 年加入大型研究基础设施。材料与纳米技术中心主要支持光子学、电子学、光伏技术和催化等领域的研发活动, 重点关注无机和有机材料合成、表征和应用领域, 包括光子学(超材料、3D 光子晶体、蛋白石), 电子电气工程(存储器、薄导电层、RFID 天线), 可再生能源中的应用(用于太阳能电池的一维纳米管和纳米颗粒)和化学活性表面(沸石、二氧化硅、氧化铝)等。

2.3 材料生长与测量实验室

材料生长与测量实验室(MGML)由查理大学和捷克科学院物理研究所合作运行, 2010 年加入大型科研基础设施。材料生长与测量实验室由两个部门组成: 材料制备和表征实验室(MGCL), 拥有最先进的设备, 能够使用 5 种不同技术进行金属精炼、材料合成和高质量单晶制备; 材料特性测量实验室(MPML), 可使用不同方法在各种电场、磁场和温度范围内测量材料的各种物理特性。

材料生长与测量实验室将物理材料制备、表征和测量相结合, 研究实力可与世界领先的实验室媲美。材料生长与测量实验室还与欧洲主要研究基础设施进行合作, 例如德累斯顿高磁场实验室(HLD)、劳厄-兰格文研究所(ILL)、欧洲同步辐射源(ESRF)、欧洲散裂源(ERIC)等。

2.4 低成本等离子与纳米技术表面改性研发中心

低成本等离子与纳米技术表面改性研发中心(CEPLANT)位于布尔诺的马萨里克大学, 成立于 2010 年, 由欧盟区域发展基金和捷克国家财政投入共 850 万欧元建立, 2019 年列入大型研究基础设施。低成本等离子与纳米技术表面改性研发中心的主要研究领域为等离子诊断和表面处理、薄膜沉积技术, 以及化学和物理表面分析。其重点研究有助于解决当前的社会经济挑战和环境问题, 例如环境保护和减少化学药品的使用, 因此受到广泛关注。通过为等离子技术的研发和开发提供基础设施服务, 引入独特的先进材料的制造以及环境友好型制造工艺。

低成本等离子与纳米技术表面改性研发中心与多家公司合作, 研发独特的先进材料和环保生产工艺, 成功研发出多个环保且经济高效的技术, 并应用于纺织、食品、工程、能源、可持续农业等行业。低成本等离子与纳米技术表面改性研发中心还

积极参与等离子技术领域活跃的国际研究网络和协会, 并与工业等离子表面技术能力网络(INPLAS), 电化学表面技术能力中心(CEST)和德国等离子技术产业联盟(Baltic Net-Plasma Tec)等组织合作。

2.5 用于环境保护和可持续发展的纳米材料与纳米技术平台

用于环境保护和可持续发展的纳米材料与纳米技术平台(NanoenviCz)由捷克科学院雅罗斯拉夫物理化学研究所负责, 利贝雷茨理工大学、捷克科学院无机化学研究所等多家机构参与。其整合了捷克多个研究机构在纳米技术领域的综合跨学科研究能力, 为合作伙伴、研究组织以及来自学术界、企业界和政府机构的用户创建了一个多功能平台。主要研究内容包括新型多功能环保纳米材料的合成与设计、环保异构催化、新型纳米材料和可持续生产技术、有效的光催化技术、捕获和化学降解污染物的纳米技术、污染物检测与监测、纳米材料的毒性和风险等。

3 区域研发中心布局

除大型科研基础设施外, 捷克还有 8 个区域研发研究中心。区域研发中心是研发创新运营计划(OPRDI)第二支柱目标, 由欧盟和捷克政府共同出资支持建立, 旨在建立以行业应用研究为导向的研发网络, 以加速新科技知识向应用领域转移和传播, 缩短企业创新周期。目前, 捷克共有 32 个区域研发中心, 分属工业生产技术(20 个)、农业(4 个)、健康(2 个)、环境保护(2 个)、能源(3 个)、基础设施(1 个)5 大类, 总资助金额达 145 亿克朗。工业生产技术方面, 有 8 个区域研发中心主要从事材料、纳米技术领域研究, 占主导地位, 累计投入超过 20 亿克朗。其中最著名的三个如下。

3.1 利贝雷茨理工大学纳米材料、先进技术与创新中心

利贝雷茨理工大学纳米材料、先进技术与创新中心(CxI)成立于 2009 年, 由欧盟和捷克政府共同资助建立, 旨在建立精细化的纳米技术研究中心, 重点进行研究成果应用和实验开发。其中基础研究方面以纳米材料为主, 重点研究纳米材料表面处理和纳米复合材料、使用绿色技术的纳米材料制备、基础性能和功能化; 应用研究方面关注纳米材料性

能及特种应用,如用于制药和工程的过滤器和表面处理,用于水处理的生物技术和化学纳米材料,以及生物相容性材料、纳米材料风险和制备与应用3D结构材料等。

利贝雷茨理工大学纳米材料、先进技术与创新中心的纳米材料实验室、纳米纤维和纳米表面制备实验室、纳米材料应用实验室、纳米复合材料实验室、分析方法实验室等科研设施也为企业开放,并以合同研发的形式为企业提供支持和服务。其与博世、大众、斯柯达等知名跨国公司合作密切,还成立了先进材料工业协会(AMIA),进一步加强与企业界的合作网络。据统计,2018年利贝雷茨理工大学纳米材料、先进技术与创新中心研发投入710万欧元,其中271万欧元来自企业界。

3.2 帕拉茨基大学先进技术与材料区域中心

帕拉茨基大学先进技术与材料区域中心(RCPTM)依托捷克名校帕拉茨基大学理学院,旨在开展前沿研究,并将高技术产品和先进技术转移到医疗、工业和环保实践中,尤其重视整合资源建设国际网络。

帕拉茨基大学先进技术与材料区域中心主要集中在化工、材料和光学研究。优先的研究领域包括用于生物医学的金属氧化物纳米颗粒;基于石墨烯和碳量子点的碳纳米结构;用于抗菌处理和水处理技术的金属纳米颗粒;光学和分析化学的仪器技术等。帕拉茨基大学先进技术与材料区域中心拥有成体系的全套实验室和配套设备,其核心设备为高分辨率透射电子显微镜(HRTEM),加速电压60~300千伏,分辨率高达0.08纳米,可观测原子级别结构,是目前中欧地区最强大的电子显微镜之一。

3.3 捷克科学院科学仪器研究所先进微技术与纳米技术应用实验室

捷克科学院科学仪器研究所先进微技术与纳米技术应用实验室(ALISI)成立于2013年,由欧盟区域发展基金和捷克政府共同资助5.13亿欧元。旨在扩大捷克与国外工业合作伙伴、大学、医疗机构和研发机构的合作,推动捷克纳米显微和先进制造等领域技术研发实力与世界接轨。主要研究:(1)应用诊断方法,包括对材料结构和表面的诊断、测量和成像方法研究,尤其是电子显微镜、X射线光谱、磁共振光谱层析成像、纳米计量学、

共焦光学显微镜和光谱学、医学信号的测量和处理等。(2)先进技术,包括光刻、磁控溅射沉积纳米层,以及用于与纳米物体和微观物体进行非接触式操作的光学显微操作技术、真空和低温技术、难焊材料的电子和激光束焊接、超纯气体电池技术等。

此外,涉及纳米技术研究的还有俄斯特拉发理工大学的区域材料技术研究中心,西波西米亚大学的新技术与材料中心、区域技术研究中心,MemBrain公司的膜创新中心等。

4 小结

捷克纳米研究活跃,涵盖基础研究、应用研究和产业应用,形成了以纳米材料为核心、产业应用为导向、国际化程度高的格局。

第一,捷克纳米技术研究以纳米材料为核心、应用为导向。捷克具有悠久的工业传统,制造业是最大的经济部门,贡献了全国GDP的1/4,主要产品以出口为主。因此捷克纳米技术也围绕机械、冶金、能源、环保等传统优势产业发展,大型研究基础设施重点开展纳米材料研究,区域研究中心则以应用研究为导向,整合企业和研究机构、大学的资源,共同构成了捷克纳米技术产学研网络。

第二,捷克是欧洲科研网络的积极参与者,研发合作国际化程度较高。捷克在欧盟框架下,充分利用欧盟的经费和研发网络,建立了一批大型科研基础设施,成为欧洲研发网络的重要组成部分。尤其是捷克纳米实验室等已成为中东欧地区最领先的科研平台,进一步加强了捷克在该地区的科技领先地位。■

参考文献:

- [1] 捷克投资局. 捷克纳米技术概况 [EB/OL]. (2018-05-10) [2020-04-16]. <https://www.czechinvest.org/en/Key-sectors/Nanotechnology>.
- [2] 欧盟委员会. 为我们的未来做准备: 发展欧洲关键使能技术总策略 [R/OL]. (2009-05-12) [2020-04-16]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A52009DC0512>.
- [3] 捷克政府. 2016—2020年国家研发创新政策 [R/OL]. (2016-02-20) [2020-04-20]. http://www.czech-research.com/wp-content/uploads/2016/09/NRDIP_2016-2020_eng.pdf.

- [4] 捷克工业与贸易部. 国家智能与专业化研究与创新战略 [R/OL]. (2018-12-31) [2020-04-25]. <http://www.czech-research.com/rd-system/key-documents/ris3-strategy/>.
- [5] 捷克教育、青年与体育部. 2016—2022 年捷克大型研究基础设施路线图 [EB/OL]. (2019-11-01) [2020-04-30]. <https://www.vyzkumne-infrastruktury.cz/en/roadmap-of-large-research-infrastructures-of-the-czech-republic>.

The Layout of Czech Nanotechnology Research Institute

ZHANG Yun-fan¹, HAN Cang-qiong²

(1. China Science and Technology Exchange Center, Beijing 100045;

2. Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: Based on its traditional advantageous industries and the technological development trend, the Czech Republic takes nanotechnology as a key area for R&D and innovation, actively improves its layout of related research institutes, and has built 5 large-scale research infrastructures and 8 regional research centers. The new pattern of a integrant industry has emerged with nanomaterials at the core. The industry, combining research with education, is highly internationalized and application-oriented.

Keywords: the Czech Republic; nanotechnology; research institutes; layout

(上接第38页)

- [4] 饶凯, 孟宪飞, 陈绮, 等. 意大利大学技术转移中心研究及可借鉴的经验 [J]. 华东经济管理, 2011, 25(10): 113.
- [5] L. Ramaciotti, C. Daniele. La rete del trasferimento tecnologico si rafforza con la clinical innovation[EB/OL]. [2020-11-12]. https://netval.it/static/media/uploads/rapporto_netval_2018.pdf.
- [6] L. Ramaciotti, C. Daniele. Ricerca, valorizzazione dei risultati ed impatto[EB/OL]. [2020-11-12]. https://netval.it/static/media/uploads/files/Survey_2016_dati_2014.pdf.
- [7] Ballochi A. Trasferimento tecnologico: l'Italia recupera terreno sull'innovazione[EB/OL]. [2020-11-12]. <https://tech4future.info/trasferimento-tecnologico/>.
- [8] 吴汉荣. 技术转移服务创新模式研究 [J]. 科学管理研究, 2014, 32(3): 118.
- [9] 李慧, 李莹亮. 技术转移转化创立新公司的意大利模式 [J]. 科技与金融, 2018(1): 46.

Research on the Technology Transfer System of Italy

LIU Jian-zhou¹, SUN Cheng-yong²

(1. Shanghai Advanced Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201210;

2. Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: Italy attaches great importance to technological innovation and technology transfer. With a good foundation for innovation, entrepreneurship and technology transfer, Italy has formed a unique technology transfer system through many years of practice, which has made contributions to Italy's economic and social development. This paper briefly introduces the Italian technology transfer system and provides some references for the construction of the technology transfer system in China.

Keywords: Italy; technology innovation; technology transfer; science and technology park; ecosystem