

先进制造与新材料动态监测快报



2018年11月15日

第22期(总第308期)

重点推荐

美发布《全球研发态势及其对美国国防部的影响》

德制定30亿欧元人工智能战略

美NIST新建信息技术自旋材料研究机构

美DARPA电子复兴计划进入第二阶段

自组装蛋白质有望合成全新材料

目 录

专 题

美发布《全球研发态势及其对美国国防部的影响》报告1

战略规划

德制定 30 亿欧元人工智能战略5

项目资助

美 NIST 新建信息技术自旋材料研究机构6

美 DARPA 电子复兴计划进入第二阶段7

国际研发合作提升海上风力涡轮机叶片性能8

美 DOE 建设超级计算机 可提升三倍计算能力8

研究进展

自组装蛋白质有望合成全新材料9

最小的光学陀螺仪9

德研发磁敏感电子皮肤10

美发布《全球研发态势及其对美国国防部的影响》报告

11月8日，美国国会研究服务局（Congressional Research Service）向国会递交了题为《全球研发态势及其对美国国防部的影响》（*The Global Research and Development Landscape and Implications for the Department of Defense*）的研究报告。报告研究首先描述了全球研发态势及美国国防面临的挑战，随后总结了美国应对这些挑战的主要举措，最后对国会如何推动国防部朝着更具创新性的方向改革提出若干思考。

一、全球研发态势及美国国防面临的挑战

70多年来，美国军方的技术优势成功抵消了潜在对手的规模优势和地理优势。美国国防部（DOD）在很大程度上将其归功于研发方面的投资规模，推动了全球研发和技术前景。然而现阶段美国国防部及其他联邦政府部门不再是研发的主要资助者，这种对研发支持的转变对国防部如何获得先进技术和维持技术优势具有重大意义。1960年，美国占全球研发的69%，仅美国与国防相关的研发就占全球研发的三分之一以上（36%），联邦政府资助的研发费用约为美国企业的两倍。从1960年到2016年，美国在全球研发中的份额下降到28%，美国联邦政府资助的研发费用在美国研发总量中的份额从65%下降到24%，而企业的份额从33%上升到67%。2016年美国联邦国防研发在全球研发总量中的份额降至3.7%。这种下降主要原因来自其他国家（公共和私人）研发的快速增长，部分原因归于美国商业研发和联邦非国防研发的增加。

中国研发资金总量在全球地位日益提高，作为全球科技领导者的崛起，其全球研发份额从2000年的4.9%上升到2016年的25.1%。同一时期，美国、日本和德国在全球研发中的集体份额从62.6%下降到44.3%。尽管美国仍然是全球单一最大资助者，2016年比中国多13%（表1），但中国的研发资金增长速度更快，2004年和2009年分别超越了德国和日本。如果中国和美国继续以与近期平均水平相同的速度增长，中国的研发支出可能很快就会超越美国（图1）。

表 1 2016 年各国（地区）研发投入（十亿美元）

国家（地区）	研发投入	全球占比
美国	511.1	28.4%
中国	451.2	25.1%
日本	168.6	9.4%
德国	118.2	6.6%
韩国	79.4	4.4%
法国	62.2	3.5%
英国	47.2	2.6%
俄罗斯	39.9	2.2%
中国台湾	35.8	2.0%
意大利	29.9	1.7%

来源：OECD 2016 研发投入数据（美国国会研究服务部 2018 年 10 月 23 日按购买力平价法整理）。

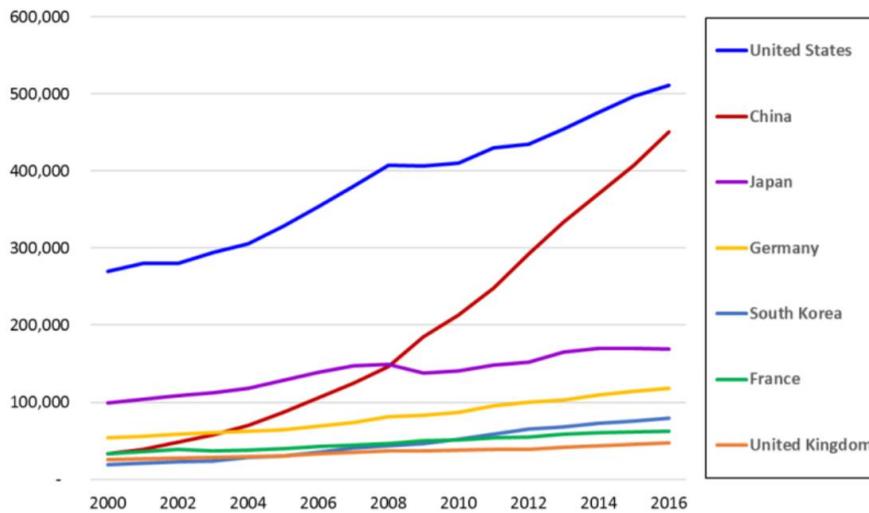


图 1 2000-2016 年各国研发投入情况（按购买力平价法）

该报告宣称，中国为了获得技术领导地位，一方面大规模通过“十三五”规划、中国制造 2025、国家重点研发计划推动技术研发，另一方面通过各种手段获取美国技术，包括通过所谓的工业间谍活动和网络盗窃窃取知识产权；外国直接投资；针对创业企业的中国风险投资（一些由中国政府资助）；中国公司对美国风险投资项目的投资；私募股权投资；通过旨在掩盖资金来源的特殊工具进行投资；收购公司；获取开源信息；中国技术转让组织；通过中国政府资助的协会招募人才；派遣中国学生到美国和其他西方国家学习科学、技术、工程和数学（STEM）（25%的美国 STEM 研究生是中国公民）；从美国公司获得技术和业务专业知识等。

二、美国应对措施

2017 年 12 月发布的“美国国家安全战略”（National Security Strategy of the United

States, NSS) 指出, 在科技创新全球化背景下, 国防部和其他联邦机构需要更好地了解全球科学技术趋势及其对美国战略、政策及计划的影响。商业活动是新技术(特别是对国防至关重要的新技术)开发的主要动力, 美国政府须更高效地利用私营部门的技术专长和研发能力。国防部和其他机构应与美国公司建立战略伙伴关系, 帮助私营部门的研发资源与国家安全优先领域保持一致。美国必须消除官僚主义对创新的障碍, 并在国防领域推动低成本的商业解决方案。

在NSS框架基础上, 2018年1月发布的美国国防战略(National Defense Strategy, NDS)提出, 全球格局不断变化, 创新步伐也在不断加快, 美国正在更大程度上依赖商业技术以满足国防需求。商业技术是公开的, 美国的对手也能得到这些技术, 而这将侵蚀美国国防技术优势。新技术包括高性能计算、大数据分析、人工智能、机器人、定向能源、超音速飞行器和生物技术, 这些技术是确保美国赢得未来的战争的关键。国防部在获取新的创新技术和维护美国军事技术优势方面面临的挑战包括: 开发/修改组织和商业模式以获取先进技术; 调整国防部的技术获取策略, 以从非传统路径中获取新技术; 寻找将商业技术应用于国防领域的新方法。

国会在国防部如何开发和获取前沿技术方面发挥着核心作用, 包括建立和完善国防部研发活动的组织结构、提供政策指导、打造收购政策和授权以及为研发和创新相关活动拨款等。目前国会和政府已经采取了一系列行动来解决美国国防技术优势缩小的问题, 包括: 设立研究和工程国防部副部长的职位, 协调国防部研究型企业的工作, 推动关键技术的开发; 通过国防创新实验单元(Defense Innovation Unit Experimental, DIUx)¹将国防需求与非传统防务企业的技术优势实现对接; 从产学研领域遴选专家组建国防创新委员会(Defense Innovation Board), 为国防部长提供咨询建议; 美国陆军、空军、海军分别通过开放式校园计划(Open Campus Initiative)、陆军风险投资计划(Army Venture Capital Initiative)、莱特兄弟研究机构(Wright Brothers Institute)、CyberWorx项目等方式加强与学术机构的联系; 推动美国国防部机构改革以提高技术的开发和获取速度等。

三、思考

在研发全球化背景下, 私营部门成为技术进步的主要动力。有人断言, 国防部缓慢的反应速度并不适应这一现实, 引发人们对美国军方可能无法维持其历史技术优势的担忧。美国国会需要持续推动国防部朝着更具创新性及风险承受能力的方向转变。

在短期内, 国会可能希望将其监督工作重点放在组织、结构和程序改革上, 例如国防部负责研究及教育的副部长办公室该如何构建?如何提升研究及教育的副部

¹ DIUx 是美国国防部在硅谷成立的常设科技成果转化试验组织机构, 主要负责将民间的新兴前沿技术引入国防部, 是美国国防部和硅谷的桥梁。

长办公室的组织机构效率？为实现其目标和使命，其人员配备和技术专业水平如何？该办公室是否为国防部的研究、开发、测试和评估（RDT&E）活动和计划制定了总体愿景和战略计划？又采取了哪些措施来实施计划？它如何确保国防部保持足够的技术人员队伍？它如何确保国防部的研发设施和测试基础设施是最先进的并得到充分维护？需要那些政策和流程来确保机构之间充分和适当的协调？目前有哪些最佳实践经验？如何看待风险和失败？如何增加与前沿技术公司的合作？

中长期，国会可能将监督工作重点放在行动产出的评估上。有潜力的技术如何进入实用阶段，确定成功的指标是什么？国防部是否增加了原型和其他实验方法的使用，又从中学到了什么？国防部是否增加了对失败的容忍度？资源重新部署到新的潜在机会的速度有多快？研究及教育的副部长办公室是否有效地利用和协调国防部和其他联邦机构的 RDT&E 活动和投资？制定的战略计划是否有效实施？国防部是否在被认为对未来军队至关重要的领域（例如人工智能、高超音速、定向能源）中解决和推进已确定的技术目标和需求？国防部是否与传统国防创新生态系统之外的尖端技术公司加强合作和伙伴关系？国防部是否有效利用其他转移机构来增加其创新能力？国防部创新文化建设如何？等等。

随着全球科学技术不断发展，国会可能需要举行听证会，以了解近邻国家（和公司）在关键科技领域的竞争地位；这些国家的科学、技术和创新政策；以及技术开发和创新的新兴模式等。

黄 健 编译自[2018-11-08]

The Global Research and Development Landscape and Implications for the Department of Defense

<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45403>

德制定 30 亿欧元人工智能战略

11 月 15 日，德国联邦政府在内阁会议上提出了一项人工智能战略草案，计划在 2025 年前投资 30 亿欧元推动德国人工智能发展，这是德国为了赶上中美等人工智能领先国家而推出的举措之一。这一战略将在 12 月举行的一次技术会议上正式发布。至 2025 年，德国联邦政府计划为该战略提供 30 亿欧元资助，预计私营部门将匹配相应资金，使投资至少达到 60 亿欧元，根据联邦政府 2019 年预算，首先将向该领域投入 5 亿欧元。

据报道，该战略的主要核心内容是：放松对人工智能行业的监管，改善企业环境；防止人工智能专业人才流失；为研究人员和开发人员开放免费的公共数据等。

该战略的主要措施包括：建设包含多个人工智能中心的研发网络；面向中小企业提供相关技术；扶持初创企业；规划建设欧洲人工智能创新集群等。此外，该战略还承诺创建至少 100 个专注于人工智能的教授席位。

长期以来，分析师和行业代表一直警告，德国在人工智能领域落后于竞争对手国家。该战略反映出德国政府提高了对人工智能的重视程度，希望通过该战略促进经济界、科研界以及企业界对人工智能的研发和应用，并进一步提升德国作为高科技投资地在人工智能领域的吸引力。然而，也有评论认为，相比中美等国，德国政府提出的投资规模太小，与人工智能的重要性不符。

姜山 编译自①[2018-11-13]②[2018-11-14]

①*Bundesregierung will drei Milliarden Euro in Künstliche Intelligenz investieren*

<https://www.handelsblatt.com/technik/thepark/digitalklausur-bundesregierung-will-drei-milliarden-euro-in-kuenstliche-intelligenz-investieren/23627702.html>

②*Germany's €3B plan to become an AI powerhouse*

<https://www.politico.eu/article/germanys-plan-to-become-an-ai-powerhouse/>

美 NIST 新建信息技术自旋材料研究机构

11月5日，美国国家标准与技术研究院（NIST）在官网发布消息称，将与纳米电子计算研究联盟（Nanoelectronic Computing Research, nCORE）成员共同出资建设一个新的研究中心，聚焦用于先进计算系统的新型材料。

新中心将命名为“先进信息技术自旋材料中心”（Center for Spintronic Materials in Advanced Information Technologies, SMART），由明尼苏达双城大学领衔，并坐落在校内，合作方包括麻省理工学院、宾州州立大学、乔治城大学和马里兰大学等。NIST 将通过 nCORE 渠道在未来四年提供 750 万美元的资助，新中心合作方还将匹配 280 万美元的资助额度。

自旋电子学专注于电子的磁性“自旋”特性，在打造高性能的电子器件方面具有优势，例如更高的速度、更低的能量需求以及在某些条件下更高的稳定性。自旋电子学器件所需材料的进步可以实现新的计算系统，包括受人类大脑启发的神经形态系统，可以显著提高重要任务的效率。

新中心汇聚了自旋电子材料与器件研究领域的顶尖专家。根据 SMART 团队的提议，该中心将“受到创新型存储和处理架构的需求驱动，这些架构有望显著提高未来计算范例的能效、处理量和整体功能；尤其是神经形态计算、概率计算、内存计算，以及基于波的信息处理”。

【快报延伸】

NIST 于 2017 年与半导体研究联盟 SRC 的非营利性子公司 SRCco 合作共建 nCORE 联盟。这项每年 250 万美元的公私合作伙伴关系，将支持基础研究，重点关注未来计算和信息处理领域的行业长期需求。nCORE 支持的竞争前研究主要探索基础材料、器件和互连解决方案，以实现超越传统晶体管技术和经典信息处理与存储的未来高性能计算。

2018 年，nCORE 的第一个中心成立，命名为 NEW LIMITS，致力于开发和研究用于独特逻辑、存储器及互连应用的新材料，以实现新型计算及存储范例。

万 勇 编译自[2018-11-05]

New Research Center to Explore Spintronics Materials for Advanced Computing

<https://www.nist.gov/news-events/news/2018/11/new-research-center-explore-spintronics-materials-advanced-computing>

美 DARPA 电子复兴计划进入第二阶段

11 月 1 日，美国国防部先进研究计划局（DARPA）发布了“电子复兴计划”（Electronics Resurgence Initiative, ERI）第二阶段的内容。

ERI 是 DARPA 于 2017 年 6 月推出的一项为期 5 年、总投资 15 亿美元的重大研究计划，旨在解决摩尔定律延续面临的障碍以及电子技术快速发展 50 年来面临的挑战。ERI 第一阶段关注新型电路材料、新体系架构和软硬件设计创新，此次第二阶段则侧重于将国防企业的技术需求及能力与电子行业的商业及制造现实相结合，并致力于解决三个关键问题：支持国内制造业针对差异化需求开发相应能力；投资芯片安全研发；在 ERI 项目之间创建新联系，并将成熟技术应用于国防。

（1）打造新型电子制造能力

为打造差异化的美国国内制造能力，ERI 第二阶段将探索传统 CMOS 缩放的补充和替代方案。“面向极端可扩展性的封装光子”（Photonics in the Package for Extreme Scalability, PIPES）项目是该领域的第一个项目，将研究能在芯片上直接应用光学缩放的方法，致力于创建一个国内生态系统，使商业用户和国防部用户能长期获得这些光子学领域的新能力。通过大幅降低数字微电子间数据移动的能量需求和挑战，该项目可减少将数百 GPU 相连所需的工作量，并实现大规模并行性，为机器学习、大规模仿真和先进传感器等数据密集型应用提供支持。其他项目同样关注新型制造能力和差异化、高性能电子产品的开发，如将微机电系统和射频组件直接集成入先进电路与半导体制造工艺。

（2）实现电子组件的可追溯性

ERI 第二阶段将致力于实现电子组件从设计到应用的可追溯性，以及具备安全和隐私保护功能的电子产品的开发。新项目将关注能抵御安全风险的电子产品。这些工作将以 ERI 的设计与架构研究方向及相关项目为基础，例如“基于硬件和固件集成的系统安全性”（System Security Integrated Through Hardware and Firmware, SSITH）项目，致力于解决硬件安全和验证挑战。

（3）促进 ERI 的国防应用

ERI 第二阶段还将研究如何加强 ERI 从基础研究到技术应用各项工作之间的联系，以及开发的技术在国防系统中的应用。项目和最终用户的联系是 ERI 最终成功的关键，正在开展的项目需确保源自 ERI 的技术进步能大幅提升国家安全水平。未来研究领域包括 ERI 成果在大规模物理仿真、认知射频系统、下一代卫星、网络安全等的应用。

张 娟 编译自[2018-11-01]

DARPA Announces Next Phase of Electronics Resurgence Initiative

<https://www.darpa.mil/news-events/2018-11-01a>

国际研发合作提升海上风力涡轮机叶片性能

海上风力发电机运营和维护成本几乎占总平准化成本的 1/4，其中，转子运行和维护，特别是叶片腐蚀和叶片结构完整性，占这些成本的很大一部分。因此改善涡轮叶片的性能和使用寿命将对降低海上风能平准化成本产生直接影响。为此，西班牙国家可再生能源中心（CENER）、Bladerna、荷兰应用科学研究院、Aerox、西门子歌美飒风电公司、丹麦 Total Wind 风电运维企业、丹麦技术大学和西班牙埃雷拉红衣主教大学等多个欧洲合作伙伴展开了耗资 400 万欧元的国际研究合作项目——海上示范叶片项目（ODB），以引领七种新型海上风力涡轮机叶片技术的发展，这些技术可共同降低海上风能平准化成本 4.7%。

海上示范叶片项目由“地平线 2020”框架下 Demowind 项目²提供为期两年的资助，将在海上可再生能源技术创新中心（ORE Catapult）的协调下，支持风力涡轮机叶片创新的研究、开发和示范，技术领域涵盖空气动力学和结构增强、叶片监测系统 and 叶片侵蚀保护解决方案等。产生的新技术和产品将在苏格兰 ORE Catapult 的 7 MW Levenmouth 示范风力发电机上进行开发和改装，用于演示目的。

黄健 编译自[2018-11-20]

New international collaboration to improve the performance of offshore wind turbine blades
<https://ore.catapult.org.uk/press-releases/new-international-collaboration-to-improve-the-performance-of-offshore-wind-turbine-blades/>

美 DOE 建设超级计算机 可提升三倍计算能力

10 月 30 日，美国能源部（DOE）宣布，劳伦斯伯克利国家实验室的国家能源研究科学计算中心（NERSC）与超级计算机公司 Cray 签署了下一代超算合同，合同总价值为 1.46 亿美元，它将使该中心当前的计算能力提升三倍以上。该超级计算机被命名为 Perlmutter，预计将于 2020 年投入使用。该系统将被用于极端环境的科学研究、开发新能源、提高能源效率和发现新材料等，以及满足从科学实验仪器中收集而来的大规模数据集分析需求。

Perlmutter 超算系统是基于 Cray 的 Shasta 超算平台打造的，该平台支持灵活的处理器、加速器方案，包括 AMD EPYC 处理器、AMD Radeon Instinct 加速卡、Intel Xeon 处理器、NVIDIA Tesla 加速卡等。Shasta 运算能力可达百亿亿次（ExaScale），不过 Perlmutter 并未公布具体算力，据称只是“Pre-ExaScale”级别。

姜山 编译自[2018-10-30]

DOE to Build Next-Generation Supercomputer at Lawrence Berkeley National Laboratory
<https://www.energy.gov/articles/doe-build-next-generation-supercomputer-lawrence-berkeley-national-laboratory>

² DemoWind 支持关于创新能源解决方案的演示和验证的联合行动，2015~2019 年间总资助金额超过 1 亿欧元。

自组装蛋白质有望合成全新材料

美国华盛顿大学 David Baker 教授率领的研究团队首次从头开始创造出自组装蛋白质细丝，它们由相同的蛋白质亚基构成，自发结合在一起形成长的、螺旋状的线状结构。这有助于更好地了解天然蛋白质细丝的结构和力学，并且还可以创造出自然界中并不存在的全新材料，如媲美或超过蜘蛛丝强度的人造纤维、纳米级电路等。

研究人员开发出名为 Rosetta 的计算机程序，可以从氨基酸序列预测蛋白质的形状。通过该程序，设计出小蛋白质，其表面具有氨基酸，可以使它们相互锁定。这允许它们通过类似螺旋式楼梯的台阶排列而组装成螺旋结构。设计的蛋白质相对较小，仅由约 180~200 个氨基酸组成，长度仅约 1 nm，但组装成长度超过 10,000 nm 的稳定长丝。研究显示，改变所设计出的蛋白质在溶液中的浓度，并添加抑制结合能力的添加物，可以驱动细丝生长或分解。

相关研究工作发表在 *Science* (文章标题: De novo design of self-assembling helical protein filaments)。

万 勇 编译自[2018-11-08]

Self-assembling protein filaments created from scratch

<https://newsroom.uw.edu/news/self-assembling-protein-filaments-created-scratch>

最小的光学陀螺仪

光学陀螺仪是通过“萨格纳克效应”(Sagnac Effect)来计算方向,获取高精度。当前市面上最小的高性能光学陀螺仪比高尔夫球还大,在便携式应用场合并不适用。此外,随着光学陀螺仪尺寸越来越小,捕获萨格纳克效应的信号也会越来越弱,因而检测运动会显得越来越困难。



新的光学陀螺仪比一粒米还小

美国加州理工学院 Ali Hajimiri 教授率领的研究团队研制出一种新的光学陀螺仪,尺寸仅为当前同类最先进设备的 1/500,但仍可检测到比其小 30 倍的相位移。

研究人员通过名为“相互灵敏度增强”的技术,词中“相互”意味着对陀螺仪内两束光的影响是一样的。在陀螺仪里面,光线通过微型光学波导,热波动、光散射等可能影响光路光束的缺陷和外界干扰都会对两束光产生相同的影响。研究团队消除了这种“相互”噪声,改善了系统中的信噪比,保留了萨格纳克

效应的信号，从而使得光学陀螺仪可以集成到比一粒米还小的芯片上。

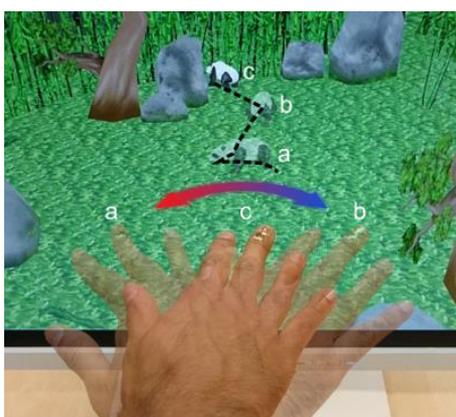
相关研究工作发表在 *Nature Photonics*（文章标题：Nanophotonic optical gyroscope with reciprocal sensitivity enhancement）。

王 轩 编译自[2018-10-25]

Spinning the Light: The World's Smallest Optical Gyroscope

<http://www.caltech.edu/news/spinning-light-worlds-smallest-optical-gyroscope-84183>

德研发磁敏感电子皮肤



中指上的超薄金属箔控制虚拟熊猫

德国亥姆霍兹联合会德累斯顿罗森多夫研究中心 G. S. Cañón Bermúdez 领导的研究团队开发出一种具有磁敏感能力的电子皮肤，足以检测和数字化地球磁场中的身体运动。由于这种电子皮肤极薄且具有延展性，因此可以很容易地贴在人体皮肤上，形成类似指南针的仿生物。这不仅可以帮助人们解决方向问题，还可以促进与虚拟和增强现实中对象的交互。

该高度兼容的电子皮肤能够依靠与地磁场的相互作用来控制虚拟对象。超薄金属箔传感器使佩戴者能够不断确定相对于地球磁场的方向。因此，如果佩戴者的身体部位改变方向，传感器会捕捉到运动，然后传输并数字化操作虚拟世界。如图向左滑动手，屏幕上的虚拟熊猫将开始向左下方移动，向右滑动可以让熊猫向相反的方向移动。而这仅需要千分之一毫米厚的聚合物薄片以及地球的磁场。超薄金属箔传感器磁性材料由镍铁导磁合金（permalloy）超薄条带组成，具有各向异性的磁阻效应。

由于传感器可承受极端弯曲和扭曲而不会失去其功能，因此研究人员发现在多个应用领域具有巨大潜力。例如心理学家可以更准确地研究磁感对人类的影响，而不需要笨重的设备或繁琐的实验设置。

相关研究工作发表在 *Nature Electronics*（文章标题：Electronic-skin compasses for geomagnetic field-driven artificial magnetoreception and interactive electronics）。

冯瑞华 编译自[2018-11-15]

HZDR researchers use sensors to give humans magnetoreception

<https://www.hzdr.de/db/Cms?pOid=57205&pNid=3438>

中国科学院武汉文献情报中心 先进制造与新材料情报研究

跟踪和研究本领域国际重大的科技战略与规划、科技计划与预算、研发热点与应用动态以及重要科研评估分析等。近年来，公开出版发行了《材料发展报告》（科学出版社 2014）、《材料发展报告——新型与前沿材料》（科学出版社 2014）、《纳米》（科学普及出版社 2013）和《新材料》（科学普及出版社 2015）等著作；团队撰写的《美欧中“材料基因组”研究计划分析及建议》《美国报告认为全球制造业成本竞争力发生变革性转变》《韩国宣布一揽子计划推动创新经济》《美国支持创客运动一系列举措概览》等稿件获得了党和国家领导人批示。

研究内容		代表产品
战略规划研究	开展科技政策与科研管理、发展战略与规划研究等相关服务，为科技决策机构和管理部门提供信息支撑。	宁波新材料科技城产业发展战略规划（中国工程院咨询项目） 中国科学院稀土政策与规划战略研究 国家能源材料发展指南（国家能源局项目） 发达国家/地区重大研究计划调研 领域科技战略参考
领域态势分析	开展材料、制造、化工等领域或专题的发展动态调研与跟踪、发展趋势研究和分析，提供情报支撑。	稀土功能材料 微机电系统 微纳制造 高性能碳纤维 高性能钢铁 计算材料与工程 仿生机器人 海洋涂料 二维半导体材料等 国际发展态势分析（与其他工作集结公开出版历年《国际科学技术前沿报告》）
科学计量研究	开展材料、制造、化工等领域专利、文献等的计量研究，分析相关行业的现状及发展趋势，为部门决策与企业发展提供参考。	服务机器人专利分析 石墨烯知识产权态势分析 临时键合材料专利分析 超导材料专利分析报告

地址：湖北省武汉市武昌区小洪山西 25 号（430071）

联系人：黄健 万勇

电话：027-8719 9180

传真：027-8719 9202

电子邮件：jjance@whlib.ac.cn