

引用格式: 张玲玲, 王富强, 张明泽, 等. 重大科技基础设施赋能民营企业高质量发展: 现状、挑战与对策建议. 中国科学院院刊, 2025, 40(6): 1058-1069, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20250324001.

Zhang L L, Wang F Q, Zhang M Z, et al. Large-scale research infrastructure empowers high-quality development of private enterprises: Current situation, challenges, and policy recommendations. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2025, 40(6): 1058-1069, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20250324001. (in Chinese)

重大科技基础设施赋能民营企业 高质量发展: 现状、挑战与对策建议

张玲玲¹ 王富强^{2,3} 张明泽^{1,4} 李泽霞^{1,4*}

1 中国科学院大学 经济与管理学院 北京 100190

2 中国科学院大学 中丹学院 北京 100190

3 中国-丹麦科研教育中心 北京 100190

4 中国科学院文献情报中心 北京 100190

摘要 民营企业已成为我国经济发展的重要创新主体, 重大科技基础设施作为突破关键核心技术的重要战略支撑和创新要素, 可为民营企业创新发展提供平台支撑。当前, 中国散裂中子源、上海同步辐射光源等我国部分重大科技基础设施已开始积极探索服务民营企业机制, 助力一批民营企业突破关键核心技术、产生原创性成果。然而, 目前我国重大科技基础设施向民营企业开放共享过程中存在信息不对称、专业人才短缺等问题, 对民营企业开放水平和机时供给需进一步提升。为加强重大科技基础设施更好服务我国民营企业突破关键核心技术、促进产业发展, 文章分析了我国民营企业创新能力及对重大科技基础设施使用需求, 阐述了重大科技基础设施助力我国民营企业高质量创新发展内涵; 深入剖析了民营企业使用重大科技基础设施的挑战, 归纳总结了国外重大科技基础设施服务产业发展的经验。最后, 从系统化制定重大科技基础设施服务产业创新合作计划、加强对民营企业的针对性宣传与推广等方面探讨推动重大科技基础设施向民营企业开放共享的经验和启示。

关键词 重大科技基础设施, 民营企业, 开放共享, 新质生产力

DOI 10.3724/j.issn.1000-3045.20250324001

CSTR 32128.14.CASbulletin.20250324001

*通信作者

资助项目: 国家自然科学基金项目 (72071194), 中国科学院大学数字经济监测预测预警与政策仿真教育部哲学社会科学实验室 (培育) 基金项目 (E2810801), 重大科技基础设施规划战略研究项目 (E4290415)

修改稿收到日期: 2025年6月4日

近年来，开放科学已迈入全球共识的新阶段^[1]，重大科技基础设施（以下简称“重大设施”）作为国家创新能力建设的重要组成部分，开放共享是其最重要的属性之一，在开放科学实践中发挥了重要作用。在全球开放科学潮流驱动下，许多国家和地区积极开展重大设施开放共享实践探索。例如，韩国建立了一个全国设备使用服务区（ZEUS）的在线平台，提供全国性的设施和仪器共享服务^[2]；欧盟通过部署构建欧洲开放科学云（EOSC），打造全球领先的数字化科研基础设施平台，为科研机构、创新企业及教育主体提供开放共享的创新生态系统^[3]，欧洲核子研究组织（CERN）等机构的多个重大设施科研数据已接入EOSC。

我国政府高度重视重大设施开放共享，制订多项政策提供制度保障。2014年，《国务院关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见》明确提出包括大型科学装置在内的科研设施与仪器向社会开放。2018年，科学技术部、国家发展和改革委员会、财政部联合制定了《国家重大科研基础设施和大型科研仪器开放共享管理办法》，进一步明确了开放共享的管理单位职责、奖惩考核等内容。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（以下简称“十四五”规划）提出，“适度超前布局国家重大科技基础设施，提高共享水平和使用效率”。在各级政府政策推动下，重大设施开放共享取得良好进展，在支撑国家重大科研任务、推动产业技术创新、服务国家重大战略需求和国民经济持续发展等方面取得了显著成效。但当前我国重大设施开放共享以服务科学前沿、国家战略需求为主，对民营企业开放存在技术对接难、准入壁垒高、商业化机制不完善、开放水平较低等仍需进一步提升的问题。

“十四五”规划提出强化企业创新主体地位，促进各类创新要素向企业集聚。当前，民营企业已成为

我国技术创新的重要主体，是推动经济发展的核心力量。重大设施作为突破关键核心技术的重要战略支撑和创新要素，在推动基础研究创新突破的同时也为民营企业技术创新和战略性新兴产业创新发展提供平台支撑^[4]。例如，中国散裂中子源为锂电池技术、生物医药、新材料技术等战略性新兴产业的技术研发提供关键技术手段；高效低碳燃气轮机试验装置对我国燃气轮机产业技术突破与追赶提供重要实验环境。随着民营企业创新主体地位的提升，以及产业高质量创新发展转型，散裂中子源、光源等重大设施的使用需求将进一步释放，因此亟须探究推动重大设施向民营企业开放服务的体制机制，发挥重大设施对产业发展的支撑能力，提升我国民营企业行业竞争力。

当前，我国学界对国内重大设施开放共享的研究主要集中于开放共享机制探索^[5]、对策建议探究^[6]、用户使用需求分析^[7]、政策对比分析^[8]等方面，对于重大设施向我国民营企业开放共享的关注仍有待加强。为弥补这一研究议题上的不足，本研究在分析我国民营企业创新发展现状的基础上，深入剖析民营企业依托重大设施创新发展的需求与挑战，分析提炼国外重大设施服务产业发展的典型做法和经验，从制定产业创新合作计划、设立企业用户服务部门、加强科普宣传、构建人才培养体系等方面提出推动重大设施向民营企业开放共享的措施建议，以期为民营企业平等获取和高效利用重大设施等科技创新要素提供决策支撑。

1 我国民营企业创新活力不断释放，对重大设施的使用需求同步增长

习近平总书记强调，“我国民营经济已经成为推动我国发展不可或缺的力量，成为创业就业的主要领域、技术创新的重要主体、国家税收的重要来源，为我国社会主义市场经济发展、政府职能转变、农村富余劳动力转移、国际市场开拓等发挥了重要作用”。

截至2025年1月底,我国民营企业数量达5 670.7万户,国家高新技术企业中民营企业有42万余家,占比超过92%^①。民营经济为我国贡献了50%以上的税收、60%以上的GDP、70%以上的技术创新成果、80%以上的城镇就业和90%以上的企业数量,已成为推动经济发展的核心力量^②。在产业转型升级中,我国民营企业以创新驱动突破技术壁垒,逐渐向产业链创新链前端辐射转移,国际竞争力显著增强。例如,华为公司近10年研发投入超1.24万亿元,2024年研发费用支出为1 797亿元,在全球共持有有效授权专利超过15万件;知识产权网站Patently发布的《2025年全球5G标准必要专利百强权利人》报告显示,华为公司以15%的专利占比稳居全球5G技术制高点。比亚迪公司凭借刀片电池、混动技术与智能驾驶三大技术创新,以2024年427万辆的销量包揽中国车企、品牌及全球新能源车销量“三冠王”,首次打破传统车企垄断格局,彰显“中国智造”硬实力。《中国民营经济发展报告(2024)》显示^③,我国民营企业集中分布在广东省、山东省、江苏省;从产业分布来看,民营企业主要分布在科技服务、商贸服务、电子信息等行业;从研发投入来看,2024研发投入前1 000家民营企业研发费用总额为1.39万亿元,主要分布于“计算机、通信和其他电子设备制造业,互联网和相关服务业,

汽车制造业,电气机械和器材制造业,黑色金属冶炼和压延加工业”^④。在创新能力方面,民营企业全球竞争力稳步提升,企业研发强度与发达国家之间的差距逐步缩小。截至2024年底,我国民营企业共拥有授权专利1 870万件,占全国专利总量的48.65%^⑤。欧盟委员会发布的《2023年欧洲创新记分牌》研发前1 000位的企业中,363家来自美国、217家来自中国;中国企业的研发投入规模为12 677.85亿元,占比16.36%;电子和电气设备、健康设备与服务等9个行业的企业研发投入、净利率高于国际平均水平^⑥。在推动产业链优化升级方面,超过90%的民营企业通过聚焦主业提升核心竞争力、关键核心技术研发突破的方式推动产业升级^⑦。

随着民营企业创新能力不断提升,对重大设施的使用需求呈现增长态势。例如,百济神州、华领医药等企业基于上海光源研发的创新药成功上市,同时还有多款药物正在进行临床试验^⑧;深圳的合成生物研究、脑解析与脑模拟两个重大设施向企业开放,众多来自民营企业的研究人员通过线上预约平台申请科研设备借用,其中自动化实验平台能够为民营企业节省数千万的实验设备购置投入,同时缩短企业小试、中试到产业化量产的周期^⑨;高效低碳燃气轮机试验装置为我国燃气轮机企业技术研发提供必要的平台和实

① 中国新闻网. 截至1月底中国民营企业数量达5 670.7万户. (2025-03-05)[2025-05-30]. <https://www.chinanews.com.cn/cj/2025-03-05/10378103.shtml>.

② 壮大民营经济实现高质量发展. (2019-01-14)[2025-05-30]. https://www.gov.cn/xinwen/2019-01/14/content_5357602.htm.

③ 中国民营经济发展报告(2024). (2025-03-07)[2025-05-30]. https://www.sohu.com/a/868140650_121325195.

④ 2024研发投入前1000家民营企业创新状况报告. (2024-09-18)[2025-05-30]. https://www.acfic.org.cn/ztzlhz/2024_chuangxin/report_list_2024/202409/t20240918_204333.html.

⑤ 研发投入前1000家民营企业研发费用总额1.39万亿元——创新方式更多样 创新绩效再提高. (2024-09-24)[2025-05-30]. https://www.acfic.org.cn/ztzlhz/2024_chuangxin/news_2024/202409/t20240924_204456.html.

⑥ 追光奋进十五载,逐源争先攀高峰——上海光源迎来开放十五周年. (2024-05-06)[2025-05-30]. https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzAwNzQwMTQzNw==&mid=2649807483&idx=1&sn=9fb93a289b8be6154e2f265a2b7b4161&chksm=837ac0c9b40d49df48d9d3219411b9e79d42762c15308ba3cbb9e7419ec1213284d830cd1b45&scene=27.

⑦ 央视关注! 光明科学城大科学装置开放,变身民企“研发神器”. (2025-03-30)[2025-05-30]. https://mp.weixin.qq.com/s/MXU0ge_Nzq7V0bybPhdJaw.

验环境；稳态强磁场实验装置为西部超导材料公司、维亚生物科技公司等企业的技术创新提供支撑^⑧；以中国散裂中子源、上海光源等为代表的重大设施，依托原位表征、多尺度模拟等先进技术手段，为一些民营企业在新能源电池能量密度提升、高性能复合材料研发、高端芯片制造工艺优化、生物医药靶向治疗等前沿领域技术创新提供了不可替代的平台支撑作用。此外，随着欧盟制定严格的进出口贸易政策^⑨，如最低工人时薪、最长工作时间等，部分外向型民营企业将失去人口红利的竞争优势，促使其进行产业升级转型，未来可能增加对重大设施的使用需求。然而，现行创新要素配置机制仍存在一定制约，民营企业依法平等获取创新要素的政策保障尚待完善，重大设施对民营企业的共享水平亟须提升。为充分满足民营企业对重大设施的使用需求，推动其向更高质量发展迈进，应进一步探索如何强化政策供给、优化设施资源配置，为提升重大设施服务民营企业的能力和效率、推动产业升级和科技进步提供有力支撑。

2 重大设施助力我国民营企业高质量创新发展

重大设施为我国民营企业向产业链供应链前端辐射转移提供关键物质基础。我国民营企业创新能力水平显著提升，更加注重通过掌握核心技术提升竞争力，重大设施为民营企业应用基础研究、产业技术创新提供极限研究手段。例如，百济神州公司利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）为其自主研发的抗癌新药“泽布替尼”的最终成药提供了结构上

的科学依据。该抗癌药物于2019年在美国获批上市，这也是我国自主研发的抗癌药首次走出国门。散裂中子源具有高穿透性、带磁矩、自旋和能量范围大等优点，广泛应用于材料科学技术、新能源、化学化工、生命科学技术等多个前沿交叉和高科技研发领域^⑩，中国散裂中子源围绕航空发动机主轴轴承延寿、叶片耐温性能等问题开展残余应力、中子单粒子效应检测研究，为航空航天和运输领域提供关键技术支撑。高效低碳燃气轮机试验装置的建设内容包括燃气轮机压气机、燃烧室、透平、先进循环实验平台及高精度测试系统，形成高效低碳燃气轮机重大科学问题、关键技术、部件及系统特性的研究手段和工具，为我国企业燃气轮机技术自主创新、产品研发提供国际先进的研究条件。

重大设施建造升级过程的技术溢出为民营企业攻克关键核心技术、提升企业创新能力提供土壤环境和发展机遇。^⑪重大设施仪器复杂，部分零部件需满足超高温、超高精度和超导等极端环境要求，其建造升级已成为企业突破高新技术瓶颈、促进高端装备制造业发展的引擎。例如，国内安泰科技公司创新钨板制备工艺，其研发的钨靶具有良好的抗热震性能、耐冲刷腐蚀性能等，已成功应用在中国散裂中子源和欧洲散裂中子源上；柳州欧维姆机械公司参与研发的“中国天眼”（500米口径球面射电望远镜，FAST）索网结构，首创了冷铸挤压复合锚固等专利技术，为企业参与港珠澳大桥工程提供技术支撑；核聚变衍生技术孵化带动一大批高新技术和新兴产业的蓬勃发展，在超导、磁体、电源、低温、诊断、等离子体等领域已孵

⑧ 王玉华, 黄英良, 郭红燕. 公共实验平台型大科学装置成果转化路径探析——以中国稳态强磁场实验装置和英国散裂中子源为例. (2021-12-20)[2025-05-30]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDAUTO&filename=KJJC202112002&uniplatform=NZKPT&v=GqhBIEzQt1ogmq2LwZQD070ohaGMSxQRtY0VM7Rt1HoO_NThupgR7SGUCwLY-SoUF.

⑨ 过度加班等于强迫劳动？中国企业需警惕欧盟强迫劳动法规. (2025-03-23)[2025-05-30]. https://www.ccpitjz.gov.cn/art/2025/3/23/art_1229557691_48045.html.

化50余家高新技术企业，培育10余家拟上市企业，带动20余家上市企业蓬勃发展。②重大设施建设运行同样为民营企业技术创新发展提供环境和机遇。例如，安徽应流集团依托“东方超环”（全超导托卡马克核聚变实验装置，EAST）运行过程中产生的“高端热处理三相调制负荷综合校正装置”，成功解决了热等静压工艺中的电压波动问题，为企业带来上千万元经济价值。可以发现，当前重大设施建设运行的装备研发、制造以国企参与为主。随着国家支持向民营企业进一步开放重大设施，势必将推动更多民营企业通过参与重大设施建设、运行，提升自身关键技术研发能力和市场竞争力。

重大设施为民营企业技术创新、产学研协同创新提供高水平人才支撑。重大设施的高精尖技术对高素质创新人才培养有独特优势，其设计、建设需要最大程度地协同多学科攻关创新，易于形成较为完备系统的交叉学科研究团队和研究方法体系，为仪器科学家、工程师、科技创新团队等高素质创新人才培养提供良好的实践环境和学术氛围^[10]。支撑新质生产力培育和发展的创新型人才培养需要重大设施与民营企业持续合作，上海光源支持了张江科学城医药、材料、催化剂产业发展，同时也培养了“杰青”“优青”等高端科研人才。民营企业技术发展难题为重大设施人才培养提供实践场景和选题，而依托重大设施的科研成果溢出和转化为民营企业技术发展提供理论和实践支撑，两者相辅相成，共同为创新型人才培养提供实践和应用场景。同时，重大设施人才向民营企业流动有助于提升民营企业使用重大设施进行技术创新的科学问题凝练能力和研发效率，赋能民营企业高质量创新发展。

3 我国重大设施服务民营企业的问题与挑战

当前，民营企业在利用重大设施开展技术研发过程中，面临多方面障碍与挑战，主要体现在以下4个

方面。

3.1 信息不对称制约设施使用效率

民营企业用户与重大设施之间的信息不对称影响设施的使用效率。重大设施技术复杂度高，通常包含多个实验线站和实验平台，可用于解决不同专业领域的科学问题，并主要服务于基础科学研究。然而，在设施使用过程中，企业与设施管理方在信息理解和需求匹配方面存在较大差距。一方面，民营企业主要面向具体产业技术难题，如何将技术难题转化为可在重大设施上研究的科学问题，超出了大多数企业的技术能力范围；另一方面，设施管理方虽熟悉设备的实验参数及操作规程，但对企业的具体产业技术需求缺乏深入了解，导致企业技术研发需求与设施支撑能力之间存在信息不对称，从而制约了对设施的利用。

尽管部分重大设施已开始关注并尝试缓解信息不对称问题，如中国散裂中子源已面向部分大型企业开展机时需求征询；但整体而言，民营企业的需求表达机制和设施方的技术对接机制仍需进一步完善，需探索更加系统化和有效的信息对接与共享机制，提升设施服务企业的精准度和可及性。

3.2 重大设施对民营企业机时供应尚需提升

当前，重大设施的战略定位主要聚焦于突破科学前沿、解决国家重大科技问题，主要用户群体以高校、科研院所为主，民营企业的使用比例相对较低。例如，自2018年开放运行以来，中国散裂中子源已支撑国内外用户完成1 000余项课题，其中企业用户（包括国有企业）占比仅为6.44%。上海光源自开放运行以来，已为全国34个省级行政区近800家单位、约4 500多个研究团队、超过47 000名用户提供服务，为生物制药、化学化工、新能源、高性能材料等领域的100多家企业提供定制化研发支持。然而，相较于日本产业转型时期SPring-8光源提供的10%—20%商业机时而言，我国重大设施仍无法满足企业需求，在服务民营企业方面仍有较大提升空间。

为充分发挥重大设施对产业技术创新的支撑作用，亟须加强政策引导，前瞻性布局设施开放共享政策，鼓励设施管理方向民营企业提供更有针对性的技术支持和定制化服务，助力企业攻克产业关键核心技术，提升行业核心竞争力。

3.3 民营企业科研实力及设施使用意识有待提升

依托重大设施开展技术创新涉及科学问题提炼、实验方案设计、实验数据分析等多个环节，对企业的研发能力提出了较高要求。与国际先进企业相比，我国民营企业的研发能力和基础研究投入仍有待提升。国际上，不少企业已具备依托重大设施自主开展产业技术创新和基础研究的能力，并通过联合建设专用线站或自建设施的方式深化与重大设施的合作。例如，日本 SPring-8 光源建有 15 条产学研合作/产业专用线站，其中川崎重工、索尼、松下、三菱等 13 家机构联合建立 SUNBEAM 专用线站，丰田汽车独立建设 BL33XU 丰田专用线站^[11]。相比之下，我国目前仅有华为、比亚迪等少数行业龙头民营企业具备使用重大设施的能力，整体上民营企业尚未充分挖掘同步辐射光源、散裂中子源等先进技术手段在产业升级中的潜力。一些企业对本行业相关的重大设施缺乏了解，使用意识较为薄弱，导致设施的潜在产业价值尚未得到充分释放。因此，应进一步加强企业与重大设施的联动，提升企业对设施的认知和利用能力，促进科研资源与产业需求的高效对接。

3.4 人才短缺、数据安全及准入壁垒高等问题

民营企业在使用重大设施过程中，面临专业人才短缺、实验数据泄漏风险及准入壁垒高等多重挑战。重大设施的技术创新涉及跨学科知识体系和复杂实验设计，要求企业具备高水平的复合型科研人才。例如，在中国散裂中子源上开展锂电池技术研究，不仅需要掌握锂电池材料的专业知识，还需熟悉中子衍射、中子小角散射和中子成像等技术。然而，当前重大设施的仪器科学家、工程师等专业人才短缺，既影响设

施对民营企业的服务质量，也制约了企业自身在科学问题凝练、实验方案设计、实验数据分析等方面的能力，进而降低其利用设施进行技术研发的效率。研究显示，国外重大设施运行过程中科学家与工程师、管理运行等人员的比例大约在 1 : 1^[12]。例如，欧洲 X 射线自由电子激光装置 2020 年的人员构成中，科学家 225 人、工程师和技术人 183 人、管理人员 76 人^[12]。韩国浦项自由电子激光装置（PAL-XFEL）的人员构成中，大约 50% 为科研人员，50% 为技术人员。国内某些重大设施的研究人员（包括教授和研究员）占比 71%，工程师和管理人员占比 29%，远低于国外同类型设施，仪器科学家、工程师等人才相对缺乏^[12]。

企业用户对实验数据安全性存在顾虑，特别是在涉及专用型重大设施的情况下，行业内企业间的技术竞争加剧了数据安全问题。例如，我国高效低碳燃气轮机试验装置主要用于重型燃气轮机的技术研究，然而，由于该装置的用户主要来自同一行业领域，企业担忧使用过程中技术信息和实验数据泄露给竞争对手从而影响自身的市场竞争力，这也是该设施面临核心用户不足的“冷启动”问题的原因之一。

重大设施存在一定的使用壁垒。由于资源稀缺，通常需要通过严格的申请和评审程序来分配使用权限，具有高研究价值的提案才会争取到设施的使用资格。而多数民营企业的科研能力还有所欠缺，无法将研发过程中的科研需求转化为科学问题和重大设施的实验方案。同时，重大设施作为政府出资建设和运行的公共科研平台，其面向民营企业的商业化机制不够完善。另外设施是否收费，如何收费和收费标准的制定也是制约民营企业特别是中小民营企业使用的原因之一。

4 国外重大设施服务产业发展的经验

国际上，重大设施已经在企业的创新发展中发挥了重要作用。以同步辐射光源（以下简称“光源”）

为例，截至2023年底，全球约40台光源共计发表企业参与研究论文2.2万篇，约占光源成果总量的10%。发表论文前25名的企业（表1）中，大部分企业来自美国、日本、欧洲，无锡药明康德公司发表64篇论文（排名22）。同时，国外光源设施服务的企业行业分布较广，包括电子技术、生物医药、仪器元件和航空航天等先进制造业领域，已有相对成熟的运行模式与合作路径依赖，成果也具有一定的代表性和突破性。例如，为支撑微细加工、掩膜缺陷检测、极紫外光刻等半导体产业链相关技术的研发，日本兵库县立大学产业技术研究所日本SPring-8光源附近建设了NeWSUBARU光源，而荷兰ASML公司的第一台光刻机就是基于与NewSUBARU光源长达10年的合作而研发成功^[11]。

4.1 建制化预留企业实验机时

国外许多重大设施在年度运行规划中均为企业用户预留了15%—30%的实验机会（如美国先进光子源、美国先进光源、美国斯坦福同步辐射光源设施，日本光子工厂、SPring-8光源，瑞典隆德大学光源，欧洲同步辐射光源设施等），部分重大设施的企业使用份额接近50%（如德国卡尔鲁斯厄光源、德国柏林电子环与光源II等），以及企业专用光源（如日本Nano-Hana光源）。另外，国外部分重大设施在建设规划之初参照政府和社会资本合作模式（PPP模式）引入了企业资本，建设企业专有实验站并为企业预留专用实验资源^[13]。例如，美国能源部布鲁克海文国家实验室的NSLS-II光源在2021年新规划共22个实验站，其中12个实验站为企业专用。而在其建设之初，雪佛龙、美孚、英国石油、杜邦和环球油品公司等企业用户就参与建设并投入资金；英特尔、罗氏等来自半导体、

生物医药、石油化工领域的企业参与到美国先进光子源规划建设中；硅谷的半导体微电子、磁存储器和生物技术企业深度参与美国先进光源建设（如，英特尔和应用材料公司建立了一个微型XPS设施用于研究大片晶圆，安进和罗氏则投资建设了美国先进光源的蛋白质结晶学光束线）^[14]。

为企业提供充足的实验资源不仅加速了技术创新向社会经济发展转移，也可以为光源获得一定的社会经费作为补充。据悉，英国钻石光源每年从产业界创收250万—300万英镑，而日本SPring-8光源每8小时向企业用户收费约2.5万元人民币^⑩。

4.2 协同化制定企业合作计划

国外重大设施同企业间大多存在长期合作计划，以加强前沿技术对产业界的支撑能力。具有代表性的欧盟LEAPS-INNOV计划，其目的是密切产业界同欧洲现行重大设施的合作关系，以开放式创新促进欧洲产业界技术研发与实力提升。截至目前，已有16台重大设施和3家学术机构加入该计划，为企业提供了有效的创新资源，同时特别鼓励中小型企业使用重大设施。英国于2011年就基于ISIS散裂中子源设施启动了合作研发计划，为在英国的实体企业提供了重大设施的快速访问通道且供企业用户免费使用^⑪；截至2021年，英国ISIS散裂中子源已支撑来自13个行业的46家公司的73项研究，且该合作研发计划未来10年内预计经济效应可达10亿英镑量级。2018年，美国成立高功率激光联盟，涉及13台美国激光设施，为企业预留合作通道，允许企业以合作伙伴、赞助商、个体会员等身份加入，共享激光技术并同学术界开展合作^⑫。欧洲同样建立了激光合作项目，汇集了欧盟共15个成员国的47个激光相关研究机构，促进

⑩ Fees for Beamline Use for Proposals. [2025-05-30]. <https://user.spring8.or.jp/?p=42096&lang=en>.

⑪ ISIS Collaborative R&D Programme 18 Oct 2011. [2025-05-30]. <https://www.isis.stfc.ac.uk/Pages/Beamtime-ISIS-Collaborative-RD-Programme.aspx>.

⑫ Partner with LaserNetUS and drive innovation. [2025-05-30]. <https://lasernetus.org/for-industry>.

表1 应用同步辐射光源重大设施发表论文数量前25位公司的相关情况

Table 1 Top 25 companies in terms of number of papers published on major facilities using synchrotron radiation sources

序号	公司英文名称	公司中文名称	国别	论文数量 (篇)	公司产品领域
1	IBM Corp	IBM公司	美国	484	信息技术
2	Toyota Motor Co Ltd	丰田汽车公司	日本	345	汽车工业
3	Genentech Inc	基因泰克公司	美国	329	生物制药
4	Hitachi Ltd	日立公司	日本	223	能源、交通、医疗
5	Sumitomo Elect Ind Ltd	住友电气工业株式会社	日本	190	光电子、新材料、电子系统及能源等领域
6	Merck & Co Inc	默克公司	美国	166	制药
7	Amgen Inc	美国安进公司	美国	151	生物制药
8	Pfizer Inc	辉瑞公司	美国	135	生物制药
9	Rigaku Corp	理学公司	日本	110	X射线科学分析仪器研制和生产
10	Intel Corp	英特尔公司	美国	102	计算机芯片
11	GlaxoSmithKline Inc	葛兰素史克公司	英国	101	制药
12	Samsung Elect Co Ltd	三星电子有限公司	韩国	101	电子工业
13	Takeda Pharmaceut Co Ltd	武田制药公司	日本	95	药品研发
14	NEC Corp Ltd	日本NEC电气公司	日本	94	信息技术
15	JEOL Ltd	日本电子株式会社	日本	93	科学仪器生产制造
16	Nippon Steel Corp Ltd	日本制铁株式会社	日本	92	冶金
17	Xerox Corp	施乐公司	美国	89	激光打印机
18	NTT Corp	恩梯梯尖端技术株式会社	日本	79	光学元件和材料
19	Ind Res Ltd	新西兰工业研究有限公司	新西兰	78	生物技术
20	New England Biolabs Inc	新英格兰生物实验室	美国	67	生物技术
21	Mat Dev Inc	材料开发公司	美国	66	材料加工与处理
22	WuXi AppTec Co Ltd	无锡药明康德新药开发有限公司	中国	64	药品研发
23	Bell Tel Labs Inc	贝尔电话实验室	美国	61	通信技术
24	AbbVie Inc	艾伯维公司	美国	59	生物制药
25	Gilead Sci Inc	吉利德科学公司	美国	56	生物医药

企业使用前沿的激光设施并密切企业与市场间的激光技术转让；目前，欧洲企业基于该项合作计划已有多项典型产品，集中在生物医疗、新材料、芯片等先进制造业领域^⑬。

4.3 组织化成立产业促进协会

国外重大设施大多成立专业机构负责密切联系企业，进一步提升技术创新转换效率，具有代表性的有4个：① 欧洲ENRIITC项目支持重大设施机构增设产

^⑬ Industry—Are you looking for state-of-the-art laser technology? Laserlab-Europe connects you with the facility best suited to your needs. [2025-05-30]. <https://laserlab-europe.eu/industry>.

业联络官 (ILOs) 和产业合同官 (ICOs), 形成合作网络, 进一步加强重大设施同企业用户的合作联系^⑭。

② 法国 8 个国家级研究院之一的 Nanoelec, 投资 650 万欧元成立专项计划, 用于将欧洲同步辐射光源设施和 ILL 中子源向微电子企业开放, 提升法国企业在微电子行业竞争力。2012—2021 年, 已有 324 家企业 (75% 为中小企业) 参与^⑮。

③ 日本 J-parc 中子源于 2008 年成立了产业利用促进委员会, 帮助企业利用中子设施开发新产品^⑯。并于 2017 年以来, 连续举办“中子工业利用报告会”, 用于采集企业技术需求, 明确当前技术边界。日本 SPring-8 光源单独设立“产业应用办公室”, 定期举办宣传会向企业用户推介先进实验技术以及研讨会为企业用户搭建技术交流平台^⑰。

④ 早在 2011 年, 欧盟就召开了题为“研究基础设施服务产业创新”论坛, 以增强重大设施对工业和中小企业服务能力为目标, 采集企业技术需求并探讨了适用于企业用户的设施支撑模式^⑱。

综上, 国外发展经验表明重大设施已成为企业发展不可或缺的高技术含量劳动工具。国外企业通过多种方式, 相对较好地实现了全流程参与重大设施建设、运行、应用。而将重大设施的先进技术手段应用于产业技术研发, 有助于其持续保持在行业领域内的竞争优势。

5 政策建议

为进一步推动重大设施向民营企业开放共享, 提升民营企业研发能力, 促进产学研深度融合, 提出如下 4 点政策建议。

(1) 系统化制定重大设施服务产业创新合作计划。

① 借鉴欧盟 2011 合作计划经验, 出台针对重大设施服务产业创新的专项合作计划, 设立专项资金持续资助行业领域前沿研究团队依托重大设施开展研发活动, 确保研发工作的连续性和深度。

② 鼓励民营企业通过联合共建、设立专用实验线站等方式深度参与设施建设和运行, 完善民营企业参与的准入和退出机制, 保障民营企业在设施建设和使用过程中的合法权益。

③ 鼓励重大设施管理方预留企业专用机时, 适当增加民营企业专家在重大设施用户委员会中的席位, 保障民营企业技术创新需求, 支持有能力的民营企业依托重大设施牵头承担国家重大技术攻关任务; 同时加强企业用户数据的安全和知识产权保护, 为企业用户提供严格的数据访问权限管理, 设立针对商业机密保护的标准化流程。

④ 鼓励产学研深度融合, 推动重大设施科学家团队与民营企业技术人员联合研究与持续合作; 加强重大设施基础研究和企业关键技术问题的深度衔接, 从底层基础研究层面提升民营企业创新能力和市场竞争力。

(2) 加强对民营企业的宣传与推广。

针对当前重大设施与民营企业之间的信息不对称问题, 重点强化对民营企业的宣传力度, 提升设施的社会认知度和企业应用率。

① 报道典型产业合作案例, 增强宣传内容的针对性和实效性, 如中国科学院通过公众科学日等科普活动加强重大设施服务民营企业关键核心技术创新典型案例的科普宣传;

② 鼓励重大设施的科学家登门入室、深入行业会议进行设施宣讲。推动地方政府定期组织民营企业交流活动, 搭建科研人员与民营企

^⑭ ENRIITC – European network of research infrastructures & industry for collaboration. [2025-05-30]. <https://eatris.eu/projects/enriitc-european-network-of-research-infrastructure-industry-for-collaboration>.

^⑮ Exploring the future of microelectronics. [2025-05-30]. <https://irtnanoelec.fr/about-irt-nanoelec>.

^⑯ 中性子産業利用推進協議会(略称 IUSNA). [2025-05-30]. <https://www.j-neutron.com/company.html>.

^⑰ お知らせ:2024/11/12 2025 年度からの利用制度改定に関する情報を掲載しました [2025-05-30]. <https://support.spring8.or.jp>.

^⑱ Future of ESFRI in a New ERA: Shaping the Next Chapter for European Research Infrastructures. (2025-03-26)[2025-05-30]. <https://www.esfri.eu>.

业之间的有效沟通渠道，提高企业对设施的认知度和利用水平。构建密切产学研协同网络，提升设施与民营企业协同创新联动能力。

(3) 建制化设立针对企业用户服务的联络部门。设立专门的统筹协调机构，如产业促进会、工业咨询委员会等，系统梳理并协调民营企业在使用重大设施过程中遇到的障碍和难题。建立健全机时申请机制，为民营企业研发需求提供高效便捷服务。同时，进一步增强设施管理方服务意识，提升设施对企业创新需求的适配性，保障企业顺畅使用设施资源。

(4) 构建完善的重大设施人才培养体系。加强专业人才培养，如鼓励中国科学院等重大设施建设运行单位探索科教融合、校企联合培养的重大设施专业人才培养模式，拓宽重大设施人才培养渠道，加强专业技术人才培养与供给；建立健全重大设施人才流动机制，促进人才在民营企业、高校、科研机构之间合理流动。完善分类人才考核评价体系，强化对科技设施管理与研发人员的激励机制，提高专业人才培养队伍的稳定性和积极性，确保设施的高效运行和持续创新能力。

参考文献

- 1 丁大尉, 李正风, 罗昊雯. 科学治理视域下的我国开放科学实践: 现状、动力与对策. 中国软科学, 2024, (1): 59-66.
Ding D W, Li Z F, Luo H W. Open science practice of China from the perspective of scientific governance: Current situation, impetus and strategy. China Soft Science, 2024, (1): 59-66. (in Chinese)
- 2 Lee K, Choi S, Yang J S. Can expensive research equipment boost research and development performances?. Scientometrics, 2021, 126(9): 7715-7742.
- 3 刘彦乔. 欧盟推进开放科学实践和EOSC建设路径研究. 世界科技研究与发展, 2023, 45(2): 139-155.
Liu Y Q. Research on european union promoting open science practice and EOSC's constructional path. World Sci-Tech R&D, 2023, 45(2): 139-155. (in Chinese)
- 4 王富强, 高畅, 张玲玲. 吸收能力视角下重大科技基础设施多主体协同创新演化博弈研究. 系统工程理论与实践, 2024, doi: 11.2267.N.20241218.1536.050.
Wang F Q, Gao C, Zhang L L. Research on the evolutionary game of multi-institute collaborative innovation of large-scale research infrastructure from the perspective of absorptive capacity. Systems Engineering-Theory & Practice, 2024, doi: 11.2267. N. 20241218.1536.050. (in Chinese)
- 5 夏金瑶, 尹红星, 邓泉, 等. EAST重大科技基础设施开放共享机制. 中国科学基金, 2023, 37(4): 692-698.
Xia J Y, Yin H X, Deng Q, et al. Research on the open and sharing mechanism of EAST major scientific and technological infrastructure. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2023, 37(4): 692-698. (in Chinese)
- 6 宋大成, 肖帅, 李天鸣, 等. 国外重大科技基础设施开放共享模式比较及对我国的启示. 中国科学院院刊, 2024, 39(3): 447-458.
Song D C, Xiao S, Li T M, et al. Comparison of open sharing modes of foreign large-scale scientific facilities and implications for China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(3): 447-458. (in Chinese)
- 7 董璐, 李宜展, 李云龙, 等. 美国能源部重大科技基础设施对我国开放服务趋势研究及启示. 中国科学院院刊, 2024, 39(3): 459-471.
Dong L, Li Y Z, Li Y L, et al. Analysis and enlightenment on China's use of major research infrastructure of U. S. Department of Energy. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(3): 459-471. (in Chinese)
- 8 游玗怡, 肖帅, 张辰, 等. 权威与激励: 中央和地方政府促进科研设施与仪器开放共享的政策比较. 中国科学院院刊, 2024, 39(8): 1389-1400.
You D Y, Xiao S, Zhang C, et al. Authority vs incentives: Comparison of central and local government policies to promote openness of scientific facilities and instruments. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(8): 1389-1400. (in Chinese)
- 9 陈和生. 中国散裂中子源与南方先进光源. 中国科学院院刊

- 刊, 2024, 39(9): 1583-1590.
- Chen H S. China Spallation Neutron Source and Southern Advance Light Source. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2024, 39(9): 1583-1590. (in Chinese)
- 10 梁治国, 陆永浩, 艾轶博. 依托重大科技基础设施的研究生交叉学科创新人才培养研究与实践. *中国大学教学*, 2024, (3): 18-24.
- Liang Z G, Lu Y H, Ai Y B. Research and practice on cultivation of cross-disciplinary innovative talents for postgraduates relying on large-scale research infrastructures. *China University Teaching*, 2024, (3): 18-24. (in Chinese)
- 11 刘子洋, 黄孚. 日本重大科技基础设施服务产业发展演化探究. *科学学研究*, 2024, 42(11): 2305-2317.
- Liu Z Y, Huang F. Study on the evolutionary path of Japanese large scale scientific facilities service industrial development. *Studies in Science of Science*, 2024, 42(11): 2305-2317. (in Chinese)
- 12 杨锡怡, 张玲玲, 柳卸林, 等. 强化优化专业人才培养队伍建
- 提升重大科技基础设施效能. *中国科学院院刊*, 2024, 39(4): 737-747.
- Yang X Y, Zhang L L, Liu X L, et al. Strengthen and optimize professional talent team building to enhance effectiveness of large-scale research infrastructures. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2024, 39(4): 737-747. (in Chinese)
- 13 Doucet J. Applied and industrial activities at the ESRF: Present status and future development. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research*, 2003, 199: 10-14.
- 14 陈忠杰, 孙冬柏. 美国重大科技基础设施布局特征与建设经验——以同步辐射光源为例. *科学学研究*, 2024, doi: 10.16192/j.cnki.1003-2053.20240819.001.
- Chen Z J, Sun D B. The layout characteristics and construction experience of major science and technology infrastructure in the United States—Take synchrotron light source. *Studies in Science of Science*, 2024, doi: 10.16192/j.cnki.1003-2053.20240819.001. (in Chinese)

Large-scale research infrastructure empowers high-quality development of private enterprises: Current situation, challenges, and policy recommendations

ZHANG Lingling¹ WANG Fuqiang^{2,3} ZHANG Mingze^{1,4} LI Zexia^{1,4*}

(1 School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 Sino-Danish College, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

3 Sino-Danish Center for Education and Research, Beijing 100190, China;

4 National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract Private enterprises have become an important source of innovation in China's economic development. Large-scale research infrastructure, as a crucial strategic support and innovation element for breaking through key technologies, provides a platform for the innovative development of private enterprises. At present, some large-scale research infrastructures in China, such as the China Spallation Neutron Source and the Shanghai Synchrotron Radiation Facility, have begun actively exploring mechanisms to serve private enterprises. These efforts have helped a number of private companies overcome critical technological bottlenecks and achieve original innovations. Nevertheless, in the current process of opening up large-scale research infrastructures to private enterprises in

*Corresponding author

China, problems such as information asymmetry and a shortage of professional talent persist; in particular, the degree of openness to private enterprises and the availability of beamtime allocated to them still require significant improvement. To enhance the capacity of large-scale research infrastructure in supporting Chinese private enterprises to overcome key technological bottlenecks and promote industrial development, this study analyzes the innovation capabilities of Chinese private enterprises and their demand for large-scale research infrastructure. It elaborates on the role of such infrastructure in facilitating high-quality innovation-driven development of private enterprises. The study also provides an in-depth analysis of the challenges faced by private enterprises in utilizing large-scale research infrastructure and summarizes international experiences in leveraging such infrastructure to support industrial development. Finally, the study explores actionable insights and recommendations for promoting the open and shared use of large-scale research infrastructures by private enterprises-including systematically formulating industrial innovation collaboration programs and enhancing targeted outreach and promotion efforts.

Keywords large-scale research infrastructure, private enterprises, open sharing, new-quality productive forces

张玲玲 中国科学院大学经济与管理学院教授。主要研究领域：重大科技基础设施管理、知识管理等。
E-mail: zhangll@ucas.ac.cn

ZHANG Lingling Professor of School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences (UCAS). Her research focuses on large-scale research infrastructure management, knowledge management, etc. E-mail: zhangll@ucas.ac.cn

李泽霞 中国科学院文献情报中心研究员。主要研究领域：科学学、重大科技基础设施等。E-mail: lizexia@mail.las.ac.cn

LI Zexia Researcher at the National Science Library, Chinese Academy of Sciences. Her research focuses on science of science, large-scale research infrastructures, etc. E-mail: lizexia@mail.las.ac.cn

■ 责任编辑：文彦杰