

美国虚拟国家实验室协同创新机制 ——跨学科、全链路的灵活协同创新模式及启示

房超,班燕君

清华大学高技术实验室,北京 100084

摘要 以美国虚拟国家实验室(virtual national laboratory, VNL)为研究对象,运用文献研究法和案例分析法,梳理VNL发展路径和管理模式,以高新技术研发与应用转化为主线,总结提炼政府部门统筹协调、多类主体协同联动、高效信息沟通机制下的多主体、跨学科、全链路协同创新运行机制特点。结合VNL经验启示和中国当前矛盾问题,提出应积极探索市场需求牵引、跨产业链、复合型科研项目的创新机制,发挥国家实验室承上启下的衔接作用,撬动产业力量对基础科研形成补充,建立多主体、跨学科的科研需求响应机制等启示建议。

关键词 国家实验室;协同创新;运行机制;科研管理

科技创新既是推动经济社会发展的“加速器”,也是大国战略竞争的“制高点”。新型冠状病毒肺炎疫情在全球范围内持续蔓延,世界经济发展迟滞,主要大国博弈态势升级、各类矛盾交织叠加,美国不断在高技术领域对我国遏制打压,中国创新驱动发展战略的外部环境日益恶化,关键核心技术受制约使中国面临更大战略风险,社会经济发展进程也遭遇阻碍,亟需通过自主创新在若干“卡脖子”重点领域实现战略突围。当前,中国创新体系与能力建设正处于由大向强、由分散到聚集、由量变到质变整体跃升的关键阶段,科研投入逐年增加,物质条件日渐完善,但仍存在协同创新能力弱、高质量原始创新少、资源配置效率低等矛盾和问题。需要

继续创新组织管理体制机制,以国家目标和战略需求为导向,瞄准国际科技前沿,加快建设以国家实验室为核心的科研体系,统筹整合与优化配置各类优质资源,形成协同创新格局^[1]。

以国家实验室为代表的大型科研机构作为战略科技创新力量,在大发展、大变革、大调整的宏观局势下,将在精准性、灵活性及快速应对能力等方面直面新挑战。如何盘活已有科研资源,优化科研管理机制,快速灵活适应宏观环境变化,扩大协同创新范围,增强协同创新能力将成为关键。科研协同创新“做什么、怎么做、最终效果如何”分别对应协同创新需求响应—资源整合—成果转化3个阶段,中国当前在每个阶段均存在一定短板:在需求

收稿日期:2020-11-30;修回日期:2021-01-11

基金项目:中国工程院重大咨询项目(2019-ZD-40-1)

作者简介:房超,副教授,研究方向为高新技术战略与科技政策,电子信箱:fangchao@tsinghua.edu.cn

引用格式:房超,班燕君.美国虚拟国家实验室协同创新机制——跨学科、全链路的灵活协同创新模式及启示[J].科技导报,2021,39(20):

133-141; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2021.20.013

响应阶段,传统研发模式与国家战略需求和市场需求存在“脱节”,从而造成面向国家重大需求、国际重大技术前沿的阻碍。同时传统的、自上而下的需求沟通模式,在经过申请、审核、论证等严谨的管理流程后,客观上也降低了科研机构对国家战略和市场需求的响应速度。产业和市场的实际需求只能来自市场,而无法从自上而下的管理模式下通过论证的方式取得;在资源整合阶段,科研机构对社会资源的管理和调控力度不够,由于科研合作中知识产权归属、利益分配等关键环节不清晰,难以有效调动创新生态产业链各环节开展协同创新,造成了科研合作回报低、周期长、风险高等问题,给科研机构和社会资源的长期合作造成阻力;在成果转化阶段缺乏灵活性,且仍以低层次协同为主。《OECD 中国创新政策研究报告》指出,中国创新系统像一个拥有众多“创新岛屿”的群岛,因为内部的协调与整合并不完善,所以限制了“岛屿”之间的溢出^[2]。各科研机构在评价标准、经费管理、知识产权划定等方面的规则不同,若合作单位数量较多,参与主体更倾向“以我为主”的低层次协同,导致协同创新机制运行灵活性和成果转化能力难以大幅提升,对国民经济建设的溢出效应和带动作用十分有限。

美国等发达国家在大型科研机构体系建设方面起步较早,成果显著,积累了较为成熟的理论方法和实践经验。研究美国大型科研机构运行管理模式,对我国科研体系建设规划具有重要参考意义,成为国内科研管理领域学者关注的焦点。已有研究主要集中于国家实验室内部运行机制与外部合作机制。在内部运行机制方面,赵俊杰^[3]研究了美国 FFRDCs 的使命、特点、研发经费、管理模式及其面临的问题与挑战。尹希刚等^[4]研究了美国国家实验室战略规划、合同、评估以及预算等方面的治理问题,提出治理改革的发展路径。卞松保等^[5]比较分析了美国、德国等国家的国家实验室和中国国家重点实验室运行管理模式。李雨晨等^[6]梳理了劳伦斯伯克利实验室管理运行经验,探讨了其组织结构、成本费用、科研合作和技术转移模式等方面的优劣得失。在国家实验室外部合作机制研究方面,冯伟波等^[7]从开放式创新视角解析美国国家实验室

大型科研基础设施的4种主要共享机制,讨论了国家实验室产学研用的合作范式。余江等^[8]从原始重大创新视角,研究了美国虚拟国家实验室(VNL)在光刻技术领域的管理运行模式,并提出聚焦核心科研、协同组织模式、人才队伍打造3方面思考建议。上述研究较少涉及政府部门、市场主体和大型国家科研机构的多方合作运行管理,在深度研究设计国家主导与市场运作有机结合的高效科研创新管理制度方面仍存在一定短板和空白。

本文选取成功攻克极紫外光刻技术(extreme ultra-violet, EUV)的VNL为研究对象,系统分析其在重大科研项目中形成的多主体、跨学科、全链路协同创新运行机制,从而为我国布局以国家实验室为核心的国家创新体系建设、构建多类型资源高效配置的运行机制提供决策参考。

1 VNL 发展溯源

20世纪90年代中后期,美国国家战略需求重点转移,半导体企业在技术实力 and 市场份额等方面遭遇日本和欧洲企业强势竞争挑战,多所国家实验室因经费短缺科研进度严重受阻。为应对这一不利局面,由美国半导体领军企业英特尔主导申请,美国能源部(DOE)等政府部门统筹协调和政策支持,依托能源部下属的桑迪亚国家实验室、劳伦斯伯克利国家实验室、劳伦斯利物莫国家实验室,组建协同创新主体VNL,旨在通过攻克关键核心技术以战胜对手。为实现创新成果的充分转化应用,并可持续地为VNL提供各类资源支持,英特尔、AMD、摩托罗拉、英飞凌(Infineon)、IBM、美光(Micron)6家半导体领军企业联合组建极紫外光刻有限责任公司(Extreme Ultra-Violet Limited Liability Corporation, EUV LLC),与VNL开展深度合作。经过为期6年的协同攻关,成功研发了极紫外光刻技术(EUV),创造了巨额的经济价值和军事价值^[9]。

1.1 组建背景

20世纪90年代,美国内外部环境剧烈变化导致战略需求转移。冷战结束后,美国科研资助重点从国防安全转向增强国家经济实力,导致部分以国

防科研项目为主的国家实验室因经费预算收紧,只能保留核心项目,发展进度严重受挫。另一方面,美国政府大力推进军用技术向民用领域转化应用,尤其强调促进公共部门与私营部门的合作,从而充分发挥美国科研实力优势作用,迅速提升在高附加值的核心产业国际竞争能力。芯片是军民两用高新技术成果的典型案列,既是信息化武器装备制造和国家核武库安全的重要组成部分,同时在民用市场也拥有万亿市值,辐射领域包括交通安全、污染防治、电子设备生产、超级计算机等。

美国芯片产业发展在当时也存在资源与需求不相匹配的壁垒与矛盾。一方面,国家实验室科研实力强、条件基础好,但由于资金匮乏,EUV等关键技术研发项目面临困境,甚至核心科研团队面临裁员甚至解散的危险。另一方面,产业界对能够提升核心竞争力的关键技术需求日益紧迫。深度参与全球竞争的企业最先感知到因科技瓶颈造成的危机,时值美国芯片企业的市场份额从65%跌至30%,而日本芯片企业市场份额由20%猛增至50%^[10],美国企业在对核心技术倾尽全力研发的情况下,依然无法与日本半导体企业匹敌;由于新光刻技术所需的特殊光源研发进入基础物理研发领域,已有集成电路技术无法满足进一步微型化的需求,企业层面的科研力量难以突破,阻碍了计算速度和计算能力发展。

多重原因共同作用下,企业与政府部门找到了合作契合点:企业向国家实验室提供资金支持,国家实验室利用自身独特的科研和大科学装置优势,组建专门研发团队,根据企业需求进行贴合市场需求的研发工作,达成国家科研力量与市场力量优势互补,首次进行多主体、跨学科、全链路合作尝试。

1.2 发展过程

VNL的组建旨在加速EUV技术的开发,推进新一代芯片制造工具开发。参与联合研发合作的三方主体,从自身利益诉求出发寻找利益均衡点。能源部的诉求是与国家安全密切相关的各类知识产权和技术;国家实验室诉求是获取大额资金支持;半导体企业的诉求是获得可降本增效的关键技术,各方均在合作中有明确的发展目标。

随着合作不断推进,协同创新主体从最初的3家国家实验室和6家企业,逐步扩展到其他半导体企业以及产业链上的其他供应商企业。EUV光刻技术研发过程采用一系列先进科学与技术,例如在样机开发时,甚至采用纳米级精度无摩擦的磁悬浮工作台。VNL项目结束时,共计约有66家企业和单位参与协同创新^[9],汇集光学、数学、物理学、微电子学、材料学与精密机械以及控制等多学科研发力量,攻克光源、结构、器件、工艺及检测等领域一系列科学问题和工程问题^[8]形成光刻领域从基础研发—原材料供应—工业设计—制造生产—整合组装—市场应用的全链路覆盖。

VNL在EUV技术研发合作中,新研制了15类控制器、控制系统和430个关键组件,共产生了146项专利,其中116项专利受企业合作研究与开发协议(CRADA)保护,并被认定为工艺和商业机密,知识产权成果丰硕^[9]。2003年VNL成功向EUV LLC交付极紫外光刻原型机 Engineering Test Stand (ETS),标志VNL合作圆满结束,也确立了EUV技术作为全球光刻主流技术的地位。

2 VNL 协同创新机制

VNL聚焦关键核心技术,充分利用已有资源,快速组建专门攻关团队,是运行机制的核心创新。利用国家实验室已有的大科学装置,抽调已有科研人员组成科研团队,极大缩短新组织的组建时间,最大化降低新组织的组建和运行成本。同时,在运行管理上将多主体的复杂合作简化为VNL和EUV LLC 2个虚拟组织的合作,使其回归能源部CRADA管理范畴,能够用一个合同约束管理多个组织的联合研发,促成了“政府统筹协调,企业提供资金、国家实验室提供技术”的合作模式^[10],也促成了美国能源部首次且为史上私营领域投资额最大的“政府-企业-国家实验室”协同创新案例。

2.1 组织结构

VNL为完成特定任务形成若干小组,组成横向管理系统。在管理职能上设有CEO、CTO和COO 3个管理岗位,并分别由3个国家实验室的管理人员

担任。同时从3个国家实验室抽调共约160位全时工作人员组成科研团队,占3个国家实验室总人数的1%左右,并在项目期间每年对全时科研人员进行动态调整,最少时仅有59人^[9]。

每个国家实验室获取的资金数额由能源部与EUV LLC提前商议决定。图1为VNL与EUV LLC联合运行组织架构。每个实验室按照各自不同的分工,获取资金情况如下:(1) 桑迪亚国家实验室工程体量最大,获得整体资助资金的45%,即1亿

1250万美元,主要负责新光源系统研发、特殊材料研发和整合EUV工程原型机;(2) 劳伦斯利物莫国家实验室,获得整体资助资金的45%,即1亿1250万美元,负责关键光学器件设计研发及掩模版系统研发;(3) 劳伦斯伯克利国家实验室拥有世界范围最亮光源,获得整体资助资金的10%,即2500万美元,主要负责高精度光学测量和多层镀膜检测系统开发^[10]。

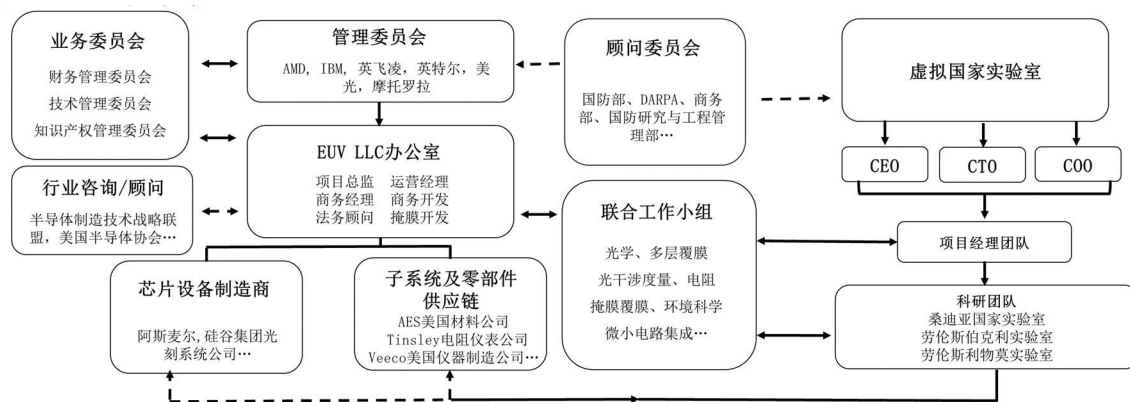


图1 VNL与EUV LLC联合运行组织架构

协同创新组织体系中最关键的组成部分,是由VNL科研人员和EUV LLC企业工程师组成的联合研发工作小组。该小组按照光刻技术的关键技术领域攻关任务特性,划分为工程测试标准(engineering test standard)、掩膜坯(mask blanks)、掩膜成像(mask patterning)、光学设计和制造、钼涂料(ML coating)、干涉测量、EUV光源开发、操作环境测试、光刻胶开发和测试等若干项目组。EUV LLC派企业代表和工程师参加联合工作小组的各类会议,同时协助VNL进行技术分析和项目设计,此外EUV LLC还设有业务委员会专门负责财务管理、技术管理和知识产权管理。

除VNL和EUV LLC管理办公室2个参与主体以外,还包括由其他利益相关方参与的科研管理职能部门^[9]:一是顾问委员会,由国防部、DARPA、国防研究与工程管理部、商务部等国家部门成员组成,负责从国家科技战略、经济发展、国家安全等宏观角度对VNL工作进行指导和建议;二是行业咨

询/顾问团队,每半年或1年组织产业界、大学和政府机构举行研讨会,评估项目进展,研判具有发展潜力的先进光刻技术,并在适当的时候提议技术路线选择;三是外部合作协调团队,对接子系统、零部件供应商及芯片设备制造商等创新生态产业链合作伙伴,包括TRW、Tinsley、Veeco、AES、Ultratech等,由它们负责EUV光源和光刻胶等核心技术的投产优化,芯片设备制造商则根据新光刻技术,整合开发Beta样机。

2.2 协同创新运行机制

传统科研管理模式下,基础研究的科研成果转化为生产工艺有巨大跨度,但VNL通过EUV LLC整合了半导体产业链上下游企业力量,采取“主体责任明晰,聚合统筹资源,衔接科研与市场”的运行机制,形成了“各尽所能、各取所需”的多赢局面。

如图2所示,VNL和EUV LLC的创新合作运行机制可分为权责清晰划分、利益合理分配、成果高效转化3个层次。

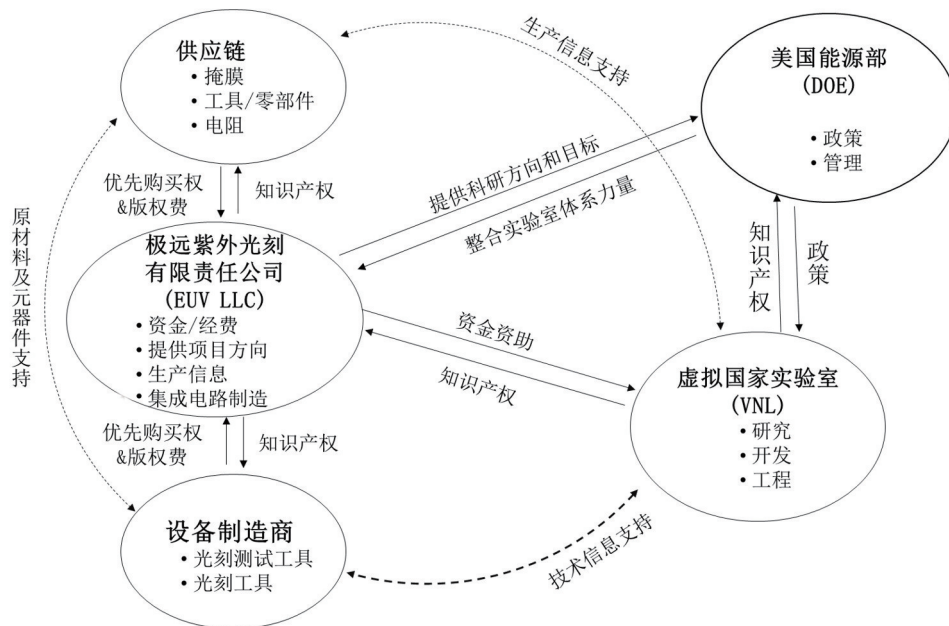


图2 VNL与EUV LLC联合运行机制

权责清晰划分:合作项目发起及三方主体关系确立。3个合作主体,即能源部(DOE,政府代表)、虚拟国家实验室(国家实验室代表)和EUV LLC(企业代表),每个主体发挥独特作用。企业是项目的需求方和项目发起方,国家实验室是需求接收方和研发执行方,能源部是政策提供方和科研资源统筹方。VNL和EUV LLC在能源部CRADA协议框架下进行合作,并达成3点管理机制突破^[9]:1)用单一CRADA合同合并3个国家实验室的资源;2)允许企业使用国家实验室研发资源,且该合作由企业全额资助,不包含来自能源部的任何配套资金;3)赋予EUV LLC对知识产权和专利的独家所有权,能源部仅保留在国防应用开发中免版税使用专利的权利。

利益合理分配:细化知识产权交易方式,带动、盘活产业链资源。VNL把知识产权和技术专利提供给EUV LLC,EUV LLC继而“优惠转让”^[9]给产业链上的零部件企业和芯片设备制造商。同时作为“知识产权优惠转让”的回报,EUV LLC成员企业获得向芯片设备制造商购买用于测试、生产的光刻工具及组件的优先购买权。直到所有EUV LLC成员企业对光刻机和零部件的需求得到满足后,芯片

设备制造商和零部件企业才可以向非EUV LLC成员的公司销售相关机器和工具,且每次售卖均需要向EUV LLC缴纳版权费,所获资金再次投入VNL和EUV LLC的联合研发项目。

成果高效转化:衔接基础科研与市场生产。VNL与产业链合作伙伴的协同是成果高效转化的关键。工作流程设计上,VNL将基础研发与生产制造进行有机联结,生产线工程师和VNL项目经理及科研人员精细化分工协作,聚焦于有实际生产需求和高应用价值的研发工作,使EUV研发从整体到细节、从基础科研到生产制造均建立起信息闭环。

3 VNL协同创新机制特点

传统国家实验室的需求沟通模式以国家意志为牵引,通过国家部门用研发合同的形式将研发需求分配到下属国家实验室,再由国家实验室完成技术创新,继而转化、拓展到民用市场。而VNL的项目发起顺序和逻辑沿相反路径(图3),因而拥有其独特的运行特点。

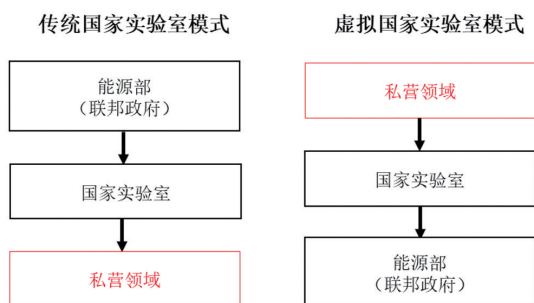


图3 VNL与传统运行模式项目发起对比

3.1 政府统筹与市场运作有机结合

VNL和EUV LLC同属松散型主体,分别由能源部和英特尔统筹协调。“统筹者”角色让松散型组织更好地找到力量结合点和结合方式。一是“统筹者”为松散组织开展科研合作提供合法性和合理性的背书与依据。二是从更高层管理角度进行整体管理与调控,发挥多类合作单位的优势和强项,合理分配科研人员、学科方向、大科学装置、已有知识产权和成果等跨部门的整体协同,最大化避免科研任务分配不均衡、资金分配不合理等问题。三是政府部门介入可为多方合作提供重要的政策支持和资源条件。流程上整合其为单一合同,简化拨款方

式。在这样的流程设计下,虽然合作方逐渐增多,但是能源部与其下属国家实验室基于合同的管理模式依旧能够有效沿用。

3.2 广泛吸纳各类主体协同创新

VNL的成立是在美国芯片企业处于竞争弱势的时代背景下,以美国半导体企业为主发起的“抱团取暖”和“联合御外”行动,产业链相关企业的加入形成强力补充与支撑,对合作的广度和深度产生了重要影响。

合作广度上,光刻领域产业链的各环节均有企业力量加入。截至2003年参与该研发合作的单位总数在66家左右^[9],它们因处于产业链的不同位置而有不同分工,根据英特尔公司公开资料显示,其合作的75%美国本土相关企业加入了VNL技术研发合作^[10](图4),展示了部分参与EUV联合研发的企业、芯片制造商、国家实验室、大学及行业协会/财团;合作深度上,各类参与主体的利益深度绑定,创新资源融合共享,VNL的研发成果和EUV LLC的生产制造和工程技术互为信息支撑,VNL联合工作小组机制深度调动和融合来自产业链各环节的信息资源。

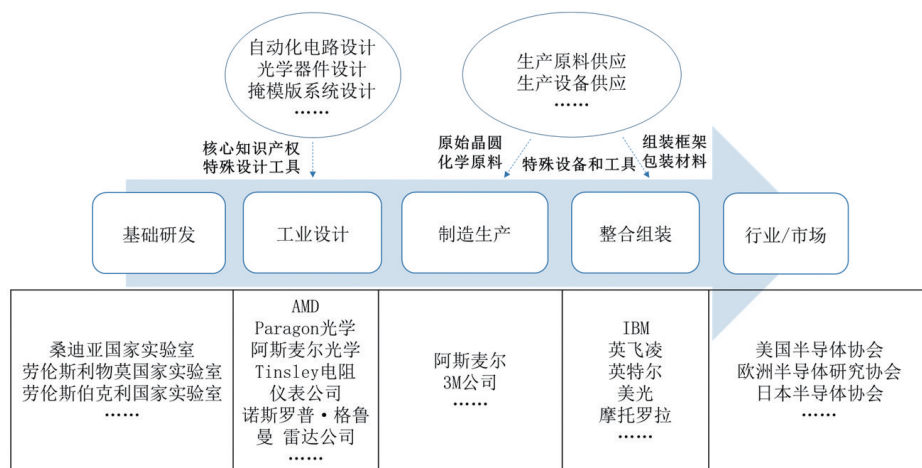


图4 EUV全产业链企业参与项目研发的部分企业名单

3.3 有效保护创新成果知识产权

该合作中不仅有美国本土团队,还有欧洲和日本的半导体企业和行业协会,其中欧洲代表有阿斯

麦尔,IMEC,MEDEA+,日本代表有ASET,EUVA。在VNL密集和复杂的国际研发合作下,如何保护本国创新主体核心专利等创新成果的知识产权,成

为协同创新管理需要重点考虑的关键环节。

VNL和EUV LLC对专利的保护遵从分类管理办法包括^[9]:(1)参与EUV LLC管理委员会的企业必须是美国企业,在专利获取主体上限定了专利拥有方的资格和范围;(2)带动美国本土芯片设备制造商们尽可能多地参与到研发合作中,以便第一时间获取先进技术专利和最新研发成果;(3)给各类公司发放授权和许可证,以限制相应专利和技术的所有权及使用范围;(4)不论是哪类、哪国企业,最终制造环节必须在美国境内完成,尤其是镜面、涂层涂料及光源等关键部分,则必须由美国企业全权负责。以荷兰阿斯麦尔公司为例,为了参与该合作,它需要在美国建立工厂和研发中心,并同意将该工厂在美国的全部销售所得用于与美国产业链合作,同时在美国销售的光刻机设备制造中,对零部件和原材料的采购必须有55%以上来自美国本土供应商,以此保护美国对知识产权的所有权,使美国本土企业在国际合作中利益最大化。

3.4 信息沟通机制灵活高效

VNL不是实体机构,主要科研工作由3个国家实验室分别在多地同步展开。大规模、分散式、多元化的分工协同,给沟通和交流造成极大挑战。高效的电子信息系统是保证信息共享和及时交流的基础。VNL现代化电子信息系统为国家实验室科研人员与EUV LLC一线工程师提供便捷的沟通平台。电子信息平台集信息和数据存储、成果共享、研发交流于一体,以此确保一线工程人员与国家实验室科研人员信息同步。

在信息系统支持基础上,针对各层级沟通采取不同方式方法。通过定期和不定期的面对面会议,形成各类书面报告,以此缩小跨地域、跨团队、跨学科交流的困难。一是VNL项目经理和EUV LLC委派的企业代表每周进行项目状态同步会议,主要聚焦于技术和业务重点、难点,并制定下一步解决方案;二是针对关键技术难题、成果转化难题、进度推进难题等还会进行月度 and 季度讨论会,以使各个层面发生的问题和协同难点得到充分暴露和解决;三是建立与国际前沿进行技术交流和研讨的机制,使

VNL的研发保持对前沿趋势的敏锐嗅觉,其中包括与美国半导体制造技术战略联盟(SEMATECH)^[9]等著名行业协会的长期交流。

4 启示

在全球科技竞争变幻莫测和愈发激烈的态势下,科技发展迅猛,竞争常态化。如何最大化发挥社会各界的力量,推动我国国家实验室高效、快速、精准响应变化与挑战,凝聚社会各界力量,完成关乎国家重大安全与发展利益的重大关键核心技术研发项目攻关,可以从上述研究分析结果中凝练以下启示借鉴。

1) 多元牵引:探索市场需求牵引、政府统筹协调的复合型科研项目创新机制。针对基础科研容易脱离市场经济发展实际需求的难题,需要畅通完善科技行业或科技领军企业向国家科研主管部门提出申请的渠道,精准定位服务市场经济发展的科研方向。从经济角度考虑,高投入、高风险的核心关键技术攻关,仅靠政府倾斜性财政支持难以获得可持续创新的资金和动力,需要充分发挥市场主体作用,通过市场需求倒逼前端技术创新^[10]。随着我国市场经济发展,产生了一批享誉世界的科技领军企业,它们通常有充裕的研发资金和研发人员,在资源充足的前提下,行业龙头企业有共性的、急需的,但仅依靠自身力量无法达成的科研项目,可以考虑纳入国家实验室支持范围。但是需要明确的是,国家实验室支持的是某行业的共性科研难题,而非支持单一企业。

在国家相关部门支持与统筹下,精准定位有关产业和领域,结合市场发展急需的关键核心技术,开展系统性研发工作。将企业及其产业链资源与国家实验室研发资源结合,全面打通资金流、信息流、人才队伍,兼顾科研实力与市场效率的双重提升,促进国家实验室科研成果向民用市场的快速转化应用。

2) 承上启下:发挥国家实验室的衔接作用,撬动产业力量为基础科研校正方向、提供资源。针对

我国科研机构对社会力量和社会资源的管理和调控力度不够,科研合作回报低、周期长的难题,国家实验室一方面需要“承上”,新时期与市场力量的协同创新并非局部性、浅表的合作行为,而是从国家使命-战略目标(国家与产业界达成共识)—政策扶持(特事特办)—资源统筹(人流、资金流、物流畅通)—成果共享(精细化知识产权交易管理)—权责划分(有法可依有据可查)—信息共享(连通基础科研到生产制造)的一系列深入“毛细血管”的合作机制,只有这样才能使各类资源在国家实验室平台达到融合,集中力量于重点、难点科研项目攻关;另一方面“启下”,要利用国家实验室的研发和技术成果带动国民经济发展,打通科学技术向民用领域转化的通道,让市场参与者能有“切实可感”的实际收益,继而转化为产业/市场资源长期参与联合科研的动力。由产业/市场提供的市场验证和改良迭代环节,可以大幅缩短国家实验室基础研发到实际生产工艺的转化路径,因此撬动庞大的产业链资源,提供后端生产验证,可作为技术成果转化应用的快速“试错”平台,从而加速释放具有高应用价值的优质创新成果,对不具备成果转化应用能力的科研项目进行及时纠偏。

3) 灵活组织:建立多主体、跨学科的科研需求响应机制。未来科技挑战和创新趋势越来越倾向学科交叉的综合性、复杂性问题研究,而单个国家实验室中难以承载所有学科,因此扩大协同创新范围,形成协同创新。

新常态下,灵活统筹协调优势科研资源将成为关键。在组建新的实体机构方式以外,组建跨机构“虚拟”组织,可以更快响应突发变化和国家迫切需要的战略科技难题。从宏观科技统筹层面看,针对复杂科研难题,单一国家实验室人力与资源相对有限的情况下,应在精细化协同创新统筹管理机制方面持续发力。为了构建多主体、跨学科、全链路的科研组织,一方面要求国家实验室体系始终保有与学界/产业/市场/企业交流合作的窗口,并形成有效监督;另一方面要求国家管理部门,从国家宏观统筹角度对全国科研资源提前摸底,按照我国经济社会发展所需,分行业、分学科、分层级精细化推进创

新治理,为多学科交叉融合的新型科研组织发展创建良好外部环境。

参考文献(References)

- [1] 习近平. 关于《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》的说明[N]. 人民日报, 2015-11-04(02).
- [2] 周超. 协同创新仿真模型与创新激励政策—基于多主体动态交互[J]. 技术经济与管理研究, 2019(1): 40-44.
- [3] 赵俊杰. 美国联邦资助的研发中心概况[J]. 全球科技经济瞭望, 2018, 33(10): 25-33.
- [4] 尹希刚, 邢国攀, 王金平. 美国国家实验室治理机制改革及其对中国的启示[J]. 科技导报, 2019, 37(24): 15-22.
- [5] 卞松保, 柳卸林, 吕萍. 国家实验室在原始创新中作用的实证研究[J]. 统计研究, 2011, 28(6): 53-57.
- [6] 李雨晨, 陈凯华, 于凯本. 国际一流国家实验室的管理运行机制启示——以美国劳伦斯伯克利国家实验室为例[J]. 全球科技经济瞭望, 2018, 33(10): 47-54.
- [7] 冯伟波, 徐作圣, 周源, 等. 基于区块链的国家实验室技术转移管理研究[J]. 科技管理研究, 2020, 40(4): 115-119.
- [8] 余江, 刘佳丽, 甘泉, 等. 以跨学科大纵深研究策源重大原始创新: 新一代集成电路光刻系统突破的启示[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(1): 112-117.
- [9] Chuck G, Stefan W, EUV LLC: An Historical Perspective [EB/OL]. [2020-11-25]. <https://doi.org/10.1117/3.769214.ch2>.
- [10] Extreme Ultraviolet Lithography Conference Call—Intel Keynote Transcript (1997) [EB/OL]. (1997-09-11) [2020-11-25]. <https://www.intel.com/pressroom/archive/speeches/euv91197.htm>.
- [11] 薛澜. 薛澜谈新型举国体制: 真正卡住我们脖子的是什么? [EB/OL]. (2020-10-28) [2020-11-25]. https://mp.weixin.qq.com/s/ZJpkyhdbC_jYFFIUTvYyFw.
- [12] 乔琦. 美国国家实验室大力推动技术商业化[J]. 世界科学, 2019(3): 46-48.
- [13] 谷峻战, 高芳, 张波. 美国国家实验室推动地方经济发展的经验与启示[J]. 全球科技经济瞭望, 2018, 33(7): 19-27.
- [14] 郭金明. 实验室的演化历史及其对我国组建国家实验室的启示[J]. 自然辩证法研究, 2019, 35(3): 76-82.
- [15] 李昊, 徐源. 扫描美国国家实验室[J]. 军事文摘, 2019(23): 16-19.

The collaborative innovation mechanism of US virtual national laboratory

FANG Chao, BAN Yanjun

High Technology Lab, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract It is a determined measure to promote the innovation strategy of science and technology and cope with the current development challenges to construct a reasonable development plan and an efficient operative mechanism of the national innovation system of systems centering on national laboratories. This paper focuses on the Virtual National Laboratory (VNL) of the US. With this case analysis, the development path and the management model of the VNL are studied. Moreover, the development and the application of high-tech projects, the characteristics of the collaborative innovation operative mechanism are reviewed, including an organic combination of the government coordination and the market operation, the extensive participation of various powers, the effective protection for the intellectual property of innovation achievements, and the efficient information communication mechanism. Finally, related suggestions are proposed, as well as the enlightenments of the VNL and the existing management problems of Chinese major scientific research institutions. Firstly, the innovation mechanism for compound scientific research projects should be explored, which combines the government coordination and the market demands. Secondly, the administration should give full play to the cohesive function of national laboratories to enhance the basic scientific research leveraging industry power. Thirdly, the agile response mechanism of scientific research requirements should be constructed quickly for interdisciplinary and comprehensive projects with multiple stake-owners.

Keywords national laboratory; collaborative innovation; operative mechanism; research management ●



(责任编辑 祝叶华)