

国际知名实验室建设经验对我国国家实验室提升创新效能的启示

王子丹^{1,2}

(1. 晋江市福大科教园区发展中心, 福建 泉州 362251; 2. 福州大学先进制造学院, 福建 泉州 362251)

摘要: 世界新一轮科技革命深入发展, 国际局势复杂多变, 我国发展面临新的战略机遇和挑战。国家实验室是国家战略科技力量的重要组成部分, 代表国家在前沿科学领域的最高水平, 提升国家实验室创新效能是我国实现高水平自立自强的重要保障。深入分析美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室、德国波茨坦地学研究中心、英国国家海洋中心等国际知名实验室的建设发展经验, 研究提出新一轮科技革命背景下我国提升国家实验室创新效能的对策建议。

关键词: 国家实验室; 创新效能; 对策建议

中图分类号: G323 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)16-0146-05

新一轮科技革命背景下, 科学研究进入向更微观和更宏观两个极端延伸的“大科学时代”, 重大科技突破越来越依赖大科学装置等重大科技基础设施支撑。国家实验室多是大科学装置的建设者和运行管理者, 是大科学时代开展前沿交叉学科研究的主力军。我国于1984年开始布局建设国家实验室, 经历了建立首批国家实验室、筹建大批试点国家实验室、布局新一轮国家实验室等过程, 建设思路与方案不断调整, 最终确立了国家实验室是体现国家意志、实现国家使命、保障国家安全的核心支撑的定位, 组建了张江实验室、鹏城实验室、怀柔实验室等国家实验室^[1]。国家实验室的建设发展引发了学术界的热议。郑滢滢和邹小伟^[2]认为完善管理体制与运行机制是我国国家实验室打造全球影响力的重要前提。谢辉祥^[3]认为应依托研究型大学, 将国家实验室构建成为多学科交叉融合创新的强引擎。吴丹丹和王子晨^[4]认为行政、人才、经费、科技成果转化等管理机制不健全是我国国家实验室目前建设发展面临的主要问题。游翰霖等^[5]研究了国家实验室的评估工作机制并提出相关政策建议。曾力宁等^[6]从政策引导、运行成长、利益共享和风险分担四个方面提出推进国家实验室体系建设的建议。作为支撑新一轮国家创新体系建设的重要战略力量, 更作为新一轮科技革命背景下抢占全球科

技制高点的战略保障, 我国必须加快提升国家实验室的创新效能, 打造一批具有世界影响力的国家实验室。国际知名实验室是发达国家保持科技领先优势的重要支撑。这些实验室的建设发展经验, 对我国国家实验室提升实验室创新效能具有重要的参考借鉴意义。本文深入研究美国、德国、英国等科技强国建设国际知名实验室的经验, 并提出我国国家实验室提升创新效能的对策建议。

1 国际知名实验室的建设经验

1.1 美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室的建设发展经验

美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室隶属于美国能源部国家核安全局, 由诺贝尔奖得主欧内斯特·劳伦斯和氢弹之父爱德华·泰勒共同建立^[8], 主要任务是研发核武器等美国国防科技, 确保核武器库安全可靠。该实验室集聚了大批创新人才, 自20世纪50年代成立以来取得了众多成就, 包括发现或参与了6种化学元素, 研制了运行速度世界第3快的超级计算机Sequoia, 成功研发高安保级别核材料, 建成了全球最大激光器美国国家点火装置等^[9]。美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室高效运作的重要原因之一是采用“国有民营”(government owned contractor operated, GOCO)的运营管理模式, 这一模式是美国能源部下属国家实验室典型的运营管

收稿日期: 2024-04-18

基金项目: 广东省软科学项目(2020B101001000034)

作者简介: 王子丹(1991—), 女, 福建南靖人, 硕士, 助理研究员, 中级经济师, 研究方向为实验室建设与管理、科技政策与创新管理。

理模式,主要特点包括以下几点。

1.1.1 承包商全权负责实验室的管理和运营

美国国家出资建立的实验室,从管理方式上看,分为“国有国营”“国有民营”两类^[10]。国有国营实验室由联邦政府部门出资设立并直接进行管理,国有民营实验室由联邦部门出资设立,管理则通过合同委托给大学、企业等机构^[11]。美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室采用“国有民营”的运行管理模式,实验室归政府所有,美国能源部确定实验室的任务方向并提供资金支持,劳伦斯·利弗莫尔国家安全公司作为承包商根据合同对实验室进行管理和运营。员工的雇佣、具体工作的开展均由劳伦斯·利弗莫尔国家实验室的承包商决定,不受政府干预。

1.1.2 通过签订任务明确的合同把控研发方向和质量

在“国有民营”的管理方式下,美国能源部对实验室的领导和调控通过与承包商签订管理与运行合同实现^[12]。因此,签订任务明确、要求明晰的合同对确保国家实验室的研发活动满足国家需求具有十分重要的意义。根据联邦采购条例,美国能源部与各承包商签订成本补偿合同,与承包方约定明确的任务和完成时限,并支付项目的实际成本,研发奖励则按事先约定的某种方式支付。美国能源部与劳伦斯·利弗莫尔国家实验室签订的合同奖励主要分为四类:第一类依据承包商在技术创新、成本效益管理等方面的考核表现进行奖励;第二类依据达成约定的某种特定目标进行奖励;第三类属于达标型奖励,在环境、安全等方面未达到基本要求即可获得;第四类为合同续签奖励,对于达到合同绩效考核标准的,可获得合同续签资格^[13]。

1.1.3 实行年度考核严格把控合同执行情况

为确保国家实验室的承包商按照合同和国家需要运行管理国家实验室,美国能源部每一年都会对承包商进行绩效考核,考核结果直接决定承包商获得上文提及的奖金数量,以及是否可延长合同期。美国能源部对劳伦斯·利弗莫尔国家实验室考核的任务目标有6项,每项的结果分为极好、优秀、良好、合格、不合格5个等级,每个等级获得奖金的比例分别为91%~100%、76%~90%、51%~75%、50%以下、0^[13]。美国能源部会综合6项任务目标考核结果给出最终的总绩效等级,考核总等级为合格及以上的,可延长合同期一年。合同期的延长并不是当年决定是否签订下一年的合同,而是延长合同基础期。2007年,能源部与劳伦斯·利弗莫尔国家实验室承包商签订管理和运行合同,合同基

础期为7年,之后每年绩效考核合格可将合同基础期延长一年。

1.2 德国波茨坦地学研究中心的建设发展经验

德国波茨坦地学研究中心成立于1992年,隶属于德国亥姆霍兹联合会,在地球资源、大气探测、板块边界系统等地学研究领域具有很强的国际影响力^[14]。德国波茨坦地学研究中心拥有科学家主导的行政管理机制、合理分配资源避免重复研究的科研管理模式,并为科研人员提供强大的科研硬件支撑。

1.2.1 科学家主导的行政管理机制

德国波茨坦地学研究中心建立了分工明确、职责定位清晰、科学家参与决策的行政管理机制^[15]。该研究中心最高决策机构是董事会,主席和副主席分别由德国联邦教研部和中心所在地的官员担任,7名董事会成员中1名为科学顾问委员会主席。董事会在人员组成上既有政府官员,也有科学家,有助于保证中心最高决策层决策既符合国家需求又具备科学合理性。董事会下设执行局,执行局下设2个管理服务部门和7个研究学科部门。研究中心还设有科学顾问委员会和内部科学委员会,主要职能是为董事会和执行局提供决策咨询建议,成员大多为科学家和各科学部门的主管。

1.2.2 合理分配资源避免重复研究的科研管理模式

德国波茨坦地学研究中心结合自身特色,找准发展定位,确定了板块边界系、自然灾害、地球资源等8个主题方向,开展精确化、专业化研究,不断提升在地学领域研究的知名度。为避免7个学科部门科研布局重复,德国波茨坦地学研究中心建立了矩阵化的科研组织模式,每个主题由1或2个部门主导,另外1~3个部门参与,各部门既有自己的主攻方向,又不同程度地参与到其他研究主题中,这不但有助于发挥各部门协同创新作用,也避免了科研布置重复等问题。例如,全球过程主题方向的研究由大气测量部主导开展,地球物理部和地球档案部配合,而在自然灾害主题方向,则由地球物理部主导,地球档案部配合,大气测量部在需要时参与。这样的科研组织模式有力支撑德国波茨坦地学研究中心实现高效的主题化研究。

1.2.3 为科研人员提供强大的科研硬件支撑

德国波茨坦地学研究中心注重实验设施、野外台站和数据服务建设,为科研人员开展前沿科学研究提供强大的硬件保障。在实验设施保障方面,波茨坦地学研究中心建立了科研条件优良的实验室,还联合高校院所建立了“波茨坦地球仪器池(GIPP)”,并建立了“波茨坦地球仪器池”仪器租赁

规范,为各个研究项目提供重要设备租赁服务。波茨坦地学研究中心还与亥姆霍兹极地海洋研究中心合作建立了“德国两栖地震仪器池”,为研究团队提供大陆和海洋地震监测所需的地震仪。在野外站台方面,波茨坦地学研究中心负责管理维护全球导航卫星系统、地磁站台、地球动力学观测站、全球地震台网、死海研究站等观测设施和观测台站。在数据服务方面,波茨坦地学研究中心通过给数据分配数字对象符数据集中归档的效果,并将数据公开共享,个人可通过数据服务系统获得地球重力场数据、卫星数据等各类数据。

1.3 英国国家海洋中心的建设发展经验

英国国家海洋中心隶属于英国自然环境研究理事会,前身是南安普敦国家海洋中心,2010年,与原普劳德曼海洋实验室合并成为英国国家海洋中心。英国国家海洋中心主要开展海洋物理学和海洋气候、海洋系统建模、海洋生物地球科学等工作,为整个英国海洋研究提供设备、技术、数据和决策咨询服务^[16]。英国国家海洋中心研制的“中性浮标(超声波振荡深层流速计)”等船用和实验室用仪器设备得到了广泛应用,是世界公认的顶级海洋学研究机构。英国国家海洋中心在运行管理上具有以下特点。

1.3.1 采用研究理事会管理模式

英国国家海洋中心虽是国立机构,但并不由政府直接进行管理,而是由对英国议会负责的自治性科研管理机构自然环境研究理事会资助并进行管理。英国政府研究和制定自然环境研究理事会的相关宏观发展战略,支持其开展科研活动,但不干预理事会的具体工作。自然环境研究理事会主导英国国家海洋中心的管理与科研工作,海洋研究中心的执行董事均是来自自然环境研究理事会的执行委员会成员。英国国家海洋中心的各部门负责人由海洋中心执行董事推荐、自然环境研究任命,其他人员聘用也由自然环境研究理事会决定,并执行自然环境研究理事会聘用人员薪酬制度。英国国家海洋中心内部采取扁平互动的管理机制,各部门负责人直接对执行董事负责,避免管理机构重复设置,促进部门高效运作。

1.3.2 成立专业团队开展设备的开发和维护

海洋领域的研究需要大量研究设备和科学设施的支持,为管理大量基础海洋研究设备和设施,英国海洋中心设置了国家海洋设施副总监,领导研究船只管理组、科学工程组、方案管理组、物流和仓储组、海洋自主和机器人系统组等5个团队,负责设备开发维护。其中,研究船只管理组负责“发现号”

“詹姆斯库克号”两艘科考船的管理;科学工程组负责开展新设备的改进研究,旨在为海洋研究提供耐用性更持久、环境适应性更强的设备;海洋自主和机器人系统组负责欧洲最大的海洋科学设备池“国家海洋设备池”的一部分“海洋自主和机器人系统”的开发、操作和维护,配套有大量工程师和技术人员,获得了英国政府“八项重大技术”“工业战略挑战基金”等资金支持。

1.3.3 注重推进技术合作与成果转化

英国国家海洋中心十分注重与商业界的合作,积极推进海洋科考成果的转化应用。2020年7月,英国国家海洋中心发布《2020—2025 战略重点:定义未来》五年战略发展规划,将推进研究成果的转化应用,加强与企业的合作开发创新产品作为四大战略目标之一^[17]。英国国家海洋中心合作企业领域包括天然气、航运、再生能源等,合作方式包括技术服务、协作研究和委托研究等。技术服务是指海洋研究中心为合作企业提供知识、设备、数据、产品咨询等服务。协作研究是指海洋研究中心与企业共同开展研究,共享资助资金和研究成果。委托研究是指企业与海洋中心签订委托协议,由海洋中心进行研究,研究成果归企业所有。此外,英国国家海洋中心通过发放许可证推进技术转让,许可证包括技术、软件、数据等类型,用途上分为教育、研究或商用两类,拟购买许可证的单位与海洋研究中心签署协议后,可获得许可证、技术产品及技术指导^[18]。

2 国家实验室提升创新效能的对策建议

2.1 优化国家实验室运营管理模式

世界知名实验室都拥有一套具有自身特色的运行管理机制,不管是美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室国有民营的运行管理模式,德国波茨坦地学研究中心科学家主导的行政管理机制,还是英国国家海洋中心的研究理事会管理模式,科学家在实验室的管理运行中均发挥重要作用。我国国家实验室由国家相关部门与地方政府、高校院所、社会力量共同建设,实验室建设的规划指导由国家相关部门负责,地方政府、高校院所、社会力量等负责具体工作的推进,日常运行管理也基本上由科学家主导。但很多管理层的科学家为双聘人员,这原本是推进国家实验室柔性引才的重要举措,却可能带来双聘人员很难全身心投入国家实验室建设发展的问题。建议加强管理层双聘科学家在国家实验室的工作时长考核,确保他们将足够的精力放在国家实验室运营管理上。加强国家实验室高精尖人才自主培养能力,逐步提高管理层长期在国家实验室

服务的专职人员的比例。在给予科学家充分的经营管理自主权的基础上,加强政府与国家实验室的沟通联系,国家和省里担任国家实验室理事会成员的官员,每季度听取一次文字汇报,每半年参与一次现场汇报会,及时掌握国家实验室发展情况和亟待解决的瓶颈问题,并统筹调动国家和地方资源,快速响应解决。

2.2 强化国家实验室重大科研设施建设和管理

世界知名实验室取得重大科学突破均离不开先进的科研基础设施保障。德国波茨坦地学研究中心拥有“波茨坦地球仪器池”,负责大地电磁设备等重大科技设施的管理维护。英国国家海洋中心拥有大量开展基础海洋研究所需的科研设备和设施,包括两艘世界顶级科考船、海洋自主和机器人系统(modular agricultural robotic system)等,并配置了专业的设备开发和维护团队。美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室建有全球最大的激光聚变装置,并利用该装置取得了系列研究突破^[19-21]。国家实验室实现高创新效能有赖于先进科研设备,我国部分国家实验室缺乏大科学装置,在“大科学时代”背景下较难承担国家重大创新任务^[22],建议在规划新建一批国家大科学装置时,支持缺乏大科学装置的国家实验室牵头建设和管理。加大对国家实验室大型科研仪器购置和研发的长期稳定性支持,探索建立“国家实验室公共科研设备池”,完善大型科研仪器开放共享办法,为各项目团队开展前沿科学研究提供设备保障。鼓励国家实验室内部设置独立的大型科研设备维护开发部门,负责大型公共科研设备的操作、维护和开发改进。

2.3 建立健全国家实验室考核评价机制

开展绩效考核是监督和引导国家实验室围绕国家重大科技战略需求开展研发活动的有效方法,科学合理的考核评价机制是提升国家实验室创新效能的重要方式,建议坚持定性指标和定量指标相结合、主观评价与客观评价相结合、自我评价与同行评议相结合等原则,根据政府与国家实验室签订的任务合同书制定符合科研发展规律的、切实可操作的考核评价标准。定性指标方面除考察科研管理能力、科研设施配置情况、任务目标完成质量等常规指标外,还可纳入国际影响力、科研成果与国家科技战略发展需求匹配度等指标。定量指标可设置论文、PCT(patent cooperation treaty)专利、大型仪器设备开放共享机时、合同任务完成进度、高精尖科学家培养人数、等可计量的指标。在考核时间周期方面,建议每年开展一次自评,两年进行一

次同行评议。在考核评价结果运用方面,可将考核结果分为优秀、良好、合格、不合格4个等级,并根据不同的等级决定下一周期政府给予的研发经费支持总额。

2.4 完善国家实验室科研人才引进和培养机制

科技创新最终要依靠人才,注重培养和集聚科研人才是国际知名实验室取得成功的重要原因。美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室由诺贝尔奖得主欧内斯特·劳伦斯和美国氢弹之父爱德华·泰勒共同建立,成立以来集聚了包括美国国家科学奖获得者、科学院和工程院院士在内的大量创新人才。德国波茨坦地学研究中心注重青年科学人才的培养,开设了以培养新一代地球科学领域年轻科学家为目标的GeoSim研究生院,设立了旨在提升青年研究人员早期学术研究能力的亥姆霍兹青年研究人员项目^[15]。我国高校是国家实验室建设的重要依托单位,建议发挥高校人才培养优势,推动国家实验室与高校的人才培养深度合作,结合国家实验室发展战略需求,培养一批优秀的后备力量。加强对进入国家实验室的青年科研人才培养,探索建立顶尖科学家与青年科研人才“一对一”科研指导机制,帮助青年科研人才快速提升研发创新能力,并将青年人才培养成果纳入对通过柔性引才政策进入国家实验室开展兼职工作的顶尖科学家的考核评价指标中。实验室自主设立的研发课题,适当向青年科学家倾斜。探索建立差异化收入分配政策,对于顶尖科研人才,根据全职或者兼职工作情况,实行年薪制、协议工资制或项目工资制;对于长期从事的基础研究工作的青年科研人才,在内部分配时给予适当倾斜。

2.5 完善国家实验室科技成果转化机制

科技创新成果只有转化应用才能真正推动社会经济发展。具有高创新效能的国家实验室,均十分注重推动科技创新成果从基础研究到技术创新再到产业应用。英国国家海洋中心长期与产业界保持密切联系,设立了专门的技术转移部门,研制和改进了众多船用仪器设备并得到了广泛应用。美国将技术转移应用列为国家实验室的重要使命,并设立了联邦实验室技术转移联合体,指导和协助国家实验室开展技术转移工作^[23]。国家实验室承担的科研任务以国家战略需求为导向,对于开展成果转化积极性不够高。建议加快健全科技成果转化法律法规,根据近几年科技成果转化收益分配机制执行过程中遇到的问题,进一步完善和细化科技成果转化收益分配办法。将国家实验室科技成果转化情况纳入实验室考核评价指标,提高对科

技成果转化做得好的实验室的奖励性支持。大力支持技术转移中介建设,培养一批专门服务于国家实验室的懂技术、市场、法律的技术转移人才。建立国家实验室技术转移联盟,指导和帮助国家实验室提升技术推广能力,为国家实验室与企业沟通联系搭建桥梁。

参考文献

- [1] 王贻芳. 建设国家实验室 完善国家科研体系[J]. 科学与社会, 2022, 12(2): 1-25.
- [2] 郑滢滢, 邹小伟. 国家实验室管理体制及运行机制构建研究[J]. 科技创业月刊, 2022, 35(8): 80-84.
- [3] 谢辉祥. 构建以“学域”为基础的交叉学科枢纽: 国家实验室建设带来的新机遇[J]. 科教发展研究, 2022, 2(3): 79-100.
- [4] 吴丹丹, 王子晨. 中国国家实验室的演进历程、管理体制及运行机制探析[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(2): 130-135.
- [5] 游翰霖, 班燕君, 房超. 面向战略管理的国家实验室评估工作机制研究[J]. 科技进步与对策, 2024, 40(1): 12-20.
- [6] 曾力宁, 李阳, 黄朝峰, 等. 国家实验室体系构建与制度创新: 理论依据与实施机制[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(12): 1-8.
- [7] 中国科学院近代物理研究所. 国外著名实验室及大科学装置(研究机构)概览[EB/OL]. (2017-09-07)[2024-04-17]. http://www.imp.cas.cn/kxcb2017/zmsys/gwzm-sys/201709/t20170907_4856401.html.
- [8] LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY. About History[EB/OL]. (2022-10-22)[2024-05-06]. <https://www.llnl.gov/about/history>.
- [9] 张棋, 马积瑞, 范金燕, 等. 对美国国家点火装置 2010 年以来实验设计思路的分析[J]. 物理学报, 2022, 71(13): 287-298.
- [10] 雷东. 美国国家实验室的管理模式及其借鉴意义[J]. 长沙民政职业技术学院学报, 2009, 16(1): 108-110.
- [11] 何洁, 郑英姿. 美国能源部国家实验室的管理对我国高校建设国家实验室的启示[J]. 科技管理研究, 2012, 32(3): 68-72.
- [12] 施云燕, 李政. 简析美国国家实验室的布局和管理[J]. 全球科技经济瞭望, 2016, 31(4): 69-76.
- [13] 张可, 唐道润. 美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室管理方式研究[J]. 全球科技经济瞭望, 2020, 35(8): 41-48.
- [14] 梁明霞. 德国波茨坦地学研究中心简介[J]. 国外地质勘探技术, 1998(4): 45-47.
- [15] 刘文浩, 郑军卫, 赵纪东. 德国 GFZ 国家实验室科研布局演化特征及其启示[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(11): 252-258.
- [16] NATIONAL OCEANOGRAPHY CENTRE. Our science research areas[EB/OL]. (2023-08-17)[2024-04-17]. <https://noc.ac.uk/science/research-areas>.
- [17] NATIONAL OCEANOGRAPHY CENTRE. Strategic priorities 2020—2025: defining our future[R/OL]. (2020-07-21)[2024-04-18]. <https://noc.ac.uk/files/documents/about/noc%20strategy%20-%20web.pdf>.
- [18] 马双, 王娇, 陈凯华. 国际典型国家实验室管理运营机制经验与启示——基于英国国家海洋中心的研究[J]. 全球科技经济瞭望, 2020, 35(12): 27-34.
- [19] 孙晓飞, 丁其华. 美国国家点火装置聚变研究取得重要突破[J]. 国外核新闻, 2022(3): 8-9.
- [20] 刘霞. 美国国家点火装置首获“燃烧等离子体”[N]. 科技日报, 2022-01-28(004).
- [21] 魏可欣, 张焰. 美国国家点火装置接近聚变点火里程碑[J]. 国外核新闻, 2021(9): 10.
- [22] 房汉廷. 国家实验室体系与科技企业超融合创新体研究[J]. 中国软科学, 2024(4): 1-11.
- [23] 刘学之, 马婧, 彭洁, 等. 美国国家实验室成果转化路径解析与制度保障[J]. 科技进步与对策, 2015, 32(11): 20-25.

Inspiration of International Renowned Laboratory Construction Experience on Improving Innovation Efficiency of National Laboratories in China

WANG Zidan^{1,2}

(1. Jinjiang Fuzhou University Science and Education Park Development Center, Quanzhou 362251, Fujian, China;

2. School of advanced manufacturing, Fuzhou University, Quanzhou 362251, Fujian, China)

Abstract: The new round of technological revolution in the world is deepening, and the international situation is complex and ever-changing. China's development is facing new strategic opportunities and challenges. The national laboratory is an important component of the national strategic scientific and technological strength, representing the highest level of the country in the cutting-edge scientific field. Improving the innovation efficiency of the national laboratory is an important guarantee for China to achieve high-level self-reliance and self-improvement. This An in-depth analysis of the construction and development experience of internationally renowned laboratories such as the Lawrence Livermore National Laboratory in the United States, the Potsdam Center for Geosciences in Germany, and the National Oceanic Center in the United Kingdom was provided. The countermeasures and suggestions for improving the innovation energy efficiency of national laboratories in China under the background of a new round of technological revolution were proposed.

Keywords: national laboratory; innovation efficiency; countermeasures and suggestions