

# 欧美等发达国家科研基础设施与 大型仪器平台的建设与启示

王 晋<sup>1</sup> 杨景涛<sup>2</sup> 刘 瑞<sup>2</sup> 井巍巍<sup>2</sup>

(1. 国家科技基础条件平台中心, 北京 100862;

2. 北京航空航天大学, 国家科技资源共享服务工程技术研究中心, 北京 100191)

**摘要:** 在介绍发达国家科研基础设施和大型仪器平台建设背景的基础上, 对科研基础设施和仪器平台或协作网络的建设情况进行了阐述, 分析了其代表性的共享机制, 提出了有针对性的建议, 希望能够对国内科研基础设施和仪器建设与发展提供借鉴。

**关键词:** 欧洲; 美国; 科技资源; 科研基础设施; 大型仪器; 资源共享

中图分类号: G322

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2019.01.004

## Construction and Enlightenment of Scientific Research Infrastructure and Large-scale Facilities Platform in Developed Countries such as Europe and the United States

WANG Jin<sup>1</sup>, YANG Jingtao<sup>2</sup>, LIU Rui<sup>2</sup>, JING Weiwei<sup>2</sup>

(1. National Science and Technology Infrastructure Center, Beijing 100862; 2. National Engineering Research Center for S&T Resources Sharing Service, Beihang University, Beijing 100191)

**Abstract:** This paper introduces scientific research infrastructure and large-scale facilities of background about developed countries. Analyzes the research infrastructure and facilities on the platform or collaboration network, and the representative of the sharing mechanism is presented. This paper puts forward five specific suggestions, and hopes to provide references for the development of scientific research infrastructure and equipment in China.

**Keywords:** European, American, scientific and technical resources, research infrastructure, large-scale facilities, resources sharing

### 0 引言

欧美等发达国家已经建成了各具特色的科研基础设施和大型仪器等科研基础条件资源体系。在此过程中, 积累了较为丰富的建设与运营经

验, 主要体现在其科研基础设施与大型仪器网络平台、管理制度、共享机制与模式等方面。

制定法律、政策与规划, 完善科技基础设施和仪器管理制度, 已经成为这些国家提升科技创新水平、增强本国竞争优势的重要手段。而这些

**作者简介:** 王晋 (1982-), 男, 国家科技基础条件平台中心副处长, 研究方向: 科技管理; 杨景涛 (1975-), 男, 北京航空航天大学国家科技资源共享服务工程技术研究中心助理研究员, 研究方向: 科技管理, 产业研究 (通讯作者); 刘瑞 (1970-), 男, 北京航空航天大学计算机学院副教授, 研究方向: 数据库、数据挖掘、信息检索; 井巍巍 (1981-), 男, 北京航空航天大学国家科技资源共享服务工程技术研究中心项目主管, 研究方向: 科技管理。

**收稿时间:** 2018年5月31日。

国家和地区在涉及科研基础设施和仪器方面的立法与规章制度存在较大的差异。日本、韩国对科研基础设施的共享有数部法律对其进行指导和规范。欧盟则以原则和指引的形式对共享提出了指导性的建议。总体来讲，建立了相对完善的法律法规和制度体系，形成了以法律、规章、指引、规划、办法等一系列的管理体系，涵盖了采购、保管、运行、共享、处置等环节。由于法律和制度体系差异明显，很多相关科研基础设施和仪器的立法与管理内容散布在各国或地区的科技、知识产权、研究促进等相关的法律、规章制度中，同时，各研究机构、高校也制定有本部门的规章制度和管理办法。总体而言，做到了有法可依、规范运行<sup>[1]</sup>。这些国家的科研设施与大型仪器平台的展示形式多样化，运营管理各具特色，共享模式也有所差异，往往与国家的历史、政治制度、国家创新体系密切相关。

借鉴欧美等发达国家的建设与运营经验，分析其管理体系、平台组成方式与模块、共享模式、服务方式等，对于促进我国以国家网络平台为代表的平台建设具有积极意义。

## 1 美国与欧盟的管理体系

### (1) 美国

美国有着发达的高校科研体系，以国家实验室为代表的科研基础设施，广泛的全球科研合作以及完备的科技金融服务。美国已经形成了政府拥有，高校、企业、非营利机构等各种类型组织多样化协同运营科研基础设施的模式。十分注重科研基础设施、大型仪器、中型仪器、网络基础设施等工具和功能的投资比重和组合，注重学科之间的平衡，并设立专门组织开展评议。同时，资金来源多元化，重视吸收国际资金开展协同建设。围绕共享、国际合作等外部机构建立组织内外的外部合作伙伴关系或利益相关者服务机构。

美国国家科学基金会（NSF）的一项主要职责是对科学设施的支持。NSF向外部机构提供资助，以实施设施的建设、管理和运营。此类资金通常采取合作协议的形式，但也可以是合同的形

式。NSF的设施一般由研究员（PI）管理。设施通常有复杂的管理结构，包括机构的联盟、多个PI的协作，或专门为操作该设施而设立的专门机构。较大的设施还包括外部咨询委员会等管理职能，以确保科研群体协同开展工作。运行NSF设施的年度费用通常高于NSF资助设施的数额。较大的设施可能有多种资金来源，并且十分注重发展国际合作伙伴关系。大多数NSF设施都是通过合作协议提供资金的，确保了NSF参与其运作<sup>[2-3]</sup>。

国家科学基金会理事会（NSB）于2009年5月成立了战略与预算委员会设施小组委员会（Subcommittee on Facilities of Committee on Strategy and Budget），以监督NSF的设施组合，并为理事会提供有关NSF研究设备战略规划的指导 and 设施组合建议。

从科研基础设施运营管理方面来讲，国家实验室是美国科研基础设施的主要载体，美国能源部管理着美国最重要的国家实验室。负责美国能源部国家实验室运行管理机构有4种类型，即：高校、高校及其他机构合作设立的有限责任公司、其他联合公司和信托基金。

其管理机构有以下5种管理形式：高校与能源部直接签订合同方式实现对实验室的管理；高校联合信托基金、公司等机构成立有限责任公司，与能源部签署合同共同管理实验室；由其他类型机构联合成立有限责任公司与能源部签署合同实现管理实验室；信托基金与能源部签署合同实现对实验室的管理；非“政府拥有”状态下的合同制管理<sup>[4]</sup>。

美国的科研基础设施一般具有较好的合作机制，合作对象包括政府机构、商业组织、国际机构和其他外部组织等。以NASA为例，其设置的相关机构有合作伙伴理事会、利益相关者办公室等，在伙伴关系政策或战略以及关系建立上做出决策，确保伙伴关系与内部和外部的指导和政策一致。NASA尚未充分利用的科研基础设施可以通过各种方式提供给与NASA目标相一致的合作伙伴，允许合作伙伴共享基础设施。相关的目

标主要包括收回科研设施的运营和维护成本、建立伙伴关系、节约对方资金等，NASA 还就合作伙伴关系建设发布了合作伙伴关系指引《NASA Partnerships Guide》<sup>[5]</sup>。

## (2) 欧盟及主要国家

欧洲各国国家创新体系与美国有着明显的差异，且欧洲各个国家之间也有所区别。欧盟层面设立了欧洲研究基础设施论坛（European Strategy Forum on Research Infrastructures, ESFRI），是欧盟层面科研基础设施建设的主要决策机构，目前新的路线图正在制定中。欧盟研究框架计划《Horizon 2020》提出要加强欧盟计划与世界各国的协同发展，建设世界一流的科研基础设施。欧盟主要国家的做法体现在运营相对独立、组织架构完善、注重国际合作。

欧洲大部分科研基础设施在建设初期就成立了董事会、监事会等治理结构。如欧洲散裂中子源（ESS）以有限责任公司的形式运营，董事会成员由瑞典和丹麦政府任命，督导委员会负责科学和财务方面的规划。督导委员会分设行政和财务委员会、实物审查委员会、技术咨询委员会、科学咨询委员会、常规设施咨询委员会<sup>[6]</sup>。英国 Diamond 的执行管理团队由用户委员会（DUC）、工业科学委员会（DISC）、科学咨询委员会（SAC）、同行评议 4 个职能委员会构成<sup>[6]</sup>。此外，根据科研基础设施的功能和组成的不同，还可能设有资源董事会、常务委员会等<sup>[7]</sup>。

欧盟联合研究中心在组织架构上设立了用户选择委员会，针对开放共享设施，评估提交给联合研究中心研究基础设施使用申请的提案<sup>[8]</sup>。

英国研究理事会（RCUK）的国家设施主要包括钻石光源（Diamond Light Source）、英国散裂中子源 ISIS 脉冲介子和中子源（ISIS Neutron and Muon Source）以及英国中心激光装置（Central Laser Facility, CLF）。虽然一般由科学与技术设施理事会（STFC）监督以上设施，并负责提供公共资金的部分预算，但这 3 个设施和它们的管理方式之间存在一些差别。Diamond 是 STFC 与惠康基金（Wellcome Trust）的合资建

立的具有企业性质的设施，两者分别拥有 86% 和 14% 的股份。鉴于这一有限公司的地位，他们比 ISIS 和 CLF 具有更灵活的运行机制，而后两者完全由 STFC 拥有。

除了向 STFC 报告外，这些设施还根据不同的关键绩效指标 KPI，向大型设备实现组（Large Facilities Implementation Group, LFIG）报告。LFIG 的职责是监督 Harwell 设施的运行和性能，由英国商务能源与产业战略部（Department for Business, Energy & Industrial Strategy, BEIS）担任主席。LFIG 将报告提交给大型设施咨询委员会（Large Facilities Advisory Board, LFAB）。LFAB 也由 BEIS 担任主席，由各研究理事会的首席执行官组成。LFAB 最终确定 Harwell 设施能力，并批准他们的预算。

虽然 LFIG 和 LFAB 可以向 BEIS 提出 Harwell 设施能力、资金水平的建议，但最终的决定取决于 BEIS。

此外，每个设施还需要向其董事会汇报，负责监督其设施的交付、运行。STFC 和设施也向其审计、财务和风险委员会汇报<sup>[7]</sup>。

德国的科研基础设施主要由非大学类型的应用研究机构亥姆霍兹国家研究中心联合会（Helmholtz）负责建设，国际合作出资建设和运营成为常规的模式。代表性的科研基础设施的运营管理和共享模式如欧洲 X 射线自由电子激光装置（XFEL），按照公司化运营并建立了多个不同职能的委员会<sup>[9]</sup>。

总之，欧美等发达国家科研基础设施运营管理呈现多样化特点，既有共性也有明显的差异。其差异主要表现在参与主体的介入程度、知识产权的分享方式、管理架构等方面。美国科研基础设施往往由高校承担管理工作，因此，高校可以是主要运营方或参与方。欧洲主要国家科研基础设施与高校关系与美国不同，非高校的各类研究机构是运营主体的情况较多，高校多数情况下是参与者。此外，出于国际合作需求和资金压力，科研基础设施共建或共同运营管理是一个较为普遍的现象。同时积极挖掘和满足合作伙伴与相关

利益方的需求，切实在资金、人力资源、共享机制方面发挥协同作用，并不断加强公司化管理、学术和产业的人员交流、运营和管理单位建立面向利益相关者的协调和管理组织。

## 2 平台或协作网络

欧美等发达国家主要的科研基础设施和仪器平台或网络见表 1。从表 1 中各国家和地区所建立的平台内容来看，建立的科研基础设施和仪器平台主要有以下几个方面的特点。

### (1) 学科组合方式

在平台组建过程中有以下 5 种模式：单一学科仪器设施平台；融合高性能计算和数据共享的单一学科的仪器设施平台；单一学科仪器、数据、材料、服务、网络的学科平台；覆盖所有学科和行业的综合型仪器设施国家平台；覆盖所有学科和行业，同时兼有科技计划管理、科技成果、科技专家信息的综合性国家平台。其中，仪器、设施资源与其他科技资源或服务聚合构成统一的开放共享平台，形成资源链、服务链、信息链、能力链。聚合的内容有高性能计算、研究数据、专家、实物资源、材料、服务等。此外，部

分国家开发的平台还具有科技计划管理的职能，组合的内容包括了研发计划、科技成果、科技专家等内容，已经不再仅仅限于仪器设施平台的范畴。

### (2) 地理分布与区域化

从平台所属仪器设施地域的分布来看，主要有国际联盟型、国家平台型、国家实验室型、大学联盟型、机构主导型等。国际联盟型：跨国、洲际的共享平台，例如欧盟的科研基础设施共享网络平台；国家平台型：在发达国家普遍建立了覆盖整个国家设施和仪器平台，例如英国、韩国建立的国家仪器共享平台；国家实验室型：例如以美国能源部为代表的下属实验室组建的共享网络；大学联盟型：例如以英国 N-8 和 SES-5 为代表的仪器共享平台；机构主导型：例如美国 NIH 组建的仪器共享平台。

### (3) 建设主体

在平台建设主体中，政府主导最为常见，高校主导建设或接受委托也是常见的模式，还有与企业合作开发模式，如 NIH 的仪器设施和服务共享平台。

### (4) 管控模式

表 1 主要国家或地区代表性的科研基础设施和仪器平台或网络

国别	平台所属机构	网址	备注
美国	DOE	<a href="https://energy.gov/technologytransitions/maps/tech-transitions-facilities-datatable">https://energy.gov/technologytransitions/maps/tech-transitions-facilities-datatable</a>	科研基础设施信息展示
	NIH	<a href="https://nih.scientist.com">https://nih.scientist.com</a>	卫生健康领域平台（含商务）
	NSF	<a href="http://mrfn.org">http://mrfn.org</a>	材料专业平台
		<a href="http://www.nnci.net">http://www.nnci.net</a>	纳米专业平台
	加利福尼亚大学	<a href="http://www.sharedinstrumentation.ucsb.edu">http://www.sharedinstrumentation.ucsb.edu</a>	大学内部仪器平台
欧盟	ESFRI	—	新网站正在制定中
	ESF	<a href="https://portal.meril.eu/meril">https://portal.meril.eu/meril</a>	仪器、服务、专家平台
英国	EPSRC	<a href="https://equipment.data.ac.uk">https://equipment.data.ac.uk</a>	国家大学仪器平台
	N-8 平台	<a href="http://www.n8research.org.uk">http://www.n8research.org.uk</a>	大学联盟仪器平台
	SES-5 平台	<a href="http://www.ses.ac.uk">http://www.ses.ac.uk</a>	大学联盟仪器平台
日本	文部科学省	<a href="https://chem-eqnet.ims.ac.jp">https://chem-eqnet.ims.ac.jp</a>	生物、化学领域全国仪器共享平台
		<a href="http://nanonet.mext.go.jp">http://nanonet.mext.go.jp</a>	纳米专业平台
	产业技术综合研究院	<a href="https://ssl.open-innovation.jp/ibec">https://ssl.open-innovation.jp/ibec</a>	国立研究机构仪器共享平台
韩国	韩国科学技术信息研究院	<a href="https://www.ntis.go.kr/en/GpIndex.do">https://www.ntis.go.kr/en/GpIndex.do</a>	国家科技项目管理、仪器共享的综合平台
澳大利亚	National Health and Medical Research Council (NHMRC)	<a href="https://www.nhmrc.gov.au/research-national-research-facilities-and-networks">https://www.nhmrc.gov.au/research-national-research-facilities-and-networks</a>	国家卫生健康领域基础设施/平台技术和/或协作网络

从管控模式来看,有以下两种类型:一是松散管理型。仅提供数据,以联盟形式组建。如欧盟体系内的平台,欧盟仅提供原则和指引,具体实施由内部成员自行建设。二是集中管控型。需要统一提交数据,有较为完善的上报标准。

### (5) 建设和展示模式

信息聚合型平台比较常见,将分散的资源链接在一起构成一个平台,这些资源链接挂靠在平台管理部门的网页,最终的仪器展示页面可以是所属机构的页面,也可以是上报的数据。集中管理型平台可以实现统一上报,统一发布,构建仪器设施管理独立站点。各机构上报仪器设施资源,定期更新。对于已建科学仪器资源库的地区各自建设分系统,通过系统集成发布;对于未建科学仪器资源库的地区根据相应的数据标准和接口要求,收集本地区的可用资源,统一上报发布。从外观设计来看,主要有地图可视化展示、列表模式展示、地图与列表融合展示等。

## 3 共享机制与模式

对于不同国家,其设施和仪器的共享方式会有一定程度的差异。涉及的影响因素主要是购置方式、设施特点、利益相关者、管理组织架构、评价体系、共享计划等。

美国NSF在仪器设施的使用方面规定,设施或设备必须符合联邦政府、国家科学基金会和高校有关文件所提出的要求<sup>[10]</sup>:(1)设施用于商业用途必须不能妨碍高校的研究任务;(2)必须收取适当的费用以回收成本;(3)设施或设备提供商业服务的费用,不得低于其他可选的商业服务费用;(4)必须有过剩的服务能力来提供工业应用。

出于政策规定、数据安全、竞争等多种因素,美国高校院所仪器共享应用有一定限制条件,其高校仪器的共享对象有校园内机构、校园外研究机构及企业等3种类型,共享对象的开放有对所有用户公开、对每个需求具体分析、对所有用户不公开等3种共享机制。

欧盟访问(共享)模式按驱动因素进行分

类,可以分为卓越驱动(excellence-driven)、市场驱动(market-driven)和广泛(wide)3种模式<sup>[8]</sup>。卓越驱动的访问:该模式完全依赖于科学优秀、创意、质量、技术和道德的可行性,通过内部或外部的同行评审进行评估。用户能够访问最佳的设施、资源和服务。这种访问模式支持协作研究以及跨地域研究。市场驱动的访问:该模式适用于通过合同或协议达到共享研究基础设施的目的,这会产生共享费用,而且可能因保密而不对外公布。广泛的访问:该模式保证了最广泛的共享研究基础设施,无论设施在何处,都可以为用户提供服务。研究基础设施采用这种共享模式,可以最大化数据和服务的可用性和可见性。

英国研究理事会的设施评估报告提供了一个较好的范例,其科研基础设施共享模式分为学术共享和工业共享。学术共享分为同行评议模式、快速通道模式和基于成本模型的挪威模式。

对于英国和国际工业界来说,有两种工业共享模式可以选择。(1)免费共享:结果公开发表;(2)付费共享:结果不公布。

工业界也可以通过学术机构来共享科研基础设施,而不是通过直接访问系统或专有共享模式,这被称为“灰色访问”(Grey Access)。这约占钻石使用量的25%,而ISIS 5则占15%<sup>[11]</sup>。

在国际设施共享方面,美国物理学会2009年发布的《Access To Major International X-Ray And Neutron Facilities》,对于国际光源和中子设施共享提供了政策指导<sup>[12]</sup>。主要有两种方法:一是双边协议共享,通过不同国家的科学机构之间的双边协定。二是建造仪器共享,在设施内建造一种仪器可以获得进入外国设施的机会。例如日本在英国ISIS设施中制造了非弹性中子光谱仪;澳大利亚在日本筑波的同步加速器设施建造并运行了一个硬X射线束线以实现共享<sup>[12]</sup>。企业一般为新设备付款,使其有权在设施中使用,并同意设备在协议结束时仍保留在设施内。企业得到专门的服务,以支持其实验作为回报。认可“灰色访问”将有助于资助者认识到长期的社会经济利益,有助于加强学术界和业界之间业已密切的工

作关系。这是部分发达国家政府的产业战略的一个重要环节。

但是，如果过度地促进工业界使用科研基础设施，可能会导致发生以下3种情况：（1）由于基于共享获取的数据和结果可以不公开，因此共享研究的发现不会发表，这不符合国家利益。（2）如果行业过于关注实际成本，用户将会关注成本而不会关注科学。（3）促进和管理行业专有用户的成本可能会增加。

#### 4 结论与启示

本文介绍了一些发达国家的科研基础设施和大型仪器平台或协作网络的建设情况及其共享机制。从这些国家的经验，对国内科研基础设施和仪器建设与发展得到如下几方面的启示。

##### （1）内容发布

各主要国家和地区科研基础设施和仪器平台内容一般具有简洁、直接的特点，主要板块内容围绕设施和仪器信息的发布、检索与预约。需要注意国内相关平台板块内容设置的“繁”与“简”，要把握核心功能，明确国家科研设施与仪器平台的使命，与区域平台能完成的功能要有一定差异化，注意与区域平台功能的互补。

国家级科研设施与仪器平台信息发布主体主要有高校、科研院所和企业。从设施与仪器信息发布主体来看，企业共享仪器的目的具有盈利性，属于技术服务内容，在市场机制下可以由市场自发组织，国内已有众多的市场化机制的仪器平台，国家级平台的仪器板块内容需要仔细考虑企业相关的盈利性内容的发布。

##### （2）板块设置

在国外，主要的国家科研基础设施和大型仪器平台的板块设置往往不是单一的，有科研项目、科技成果、数据、服务、培训、实验材料等。在基础性和关键性学科或行业领域，如材料、生命科学共享网络系统相对数量较多。这方面可以借鉴美国材料科学平台、澳大利亚的生命科学共享网络等。

我国在板块设置方面可以酌情考虑以下几

个方面。一是科技管理板块：与科研仪器相关的科技计划项目、科研仪器成果、科研仪器工程专家实现集中展示和管理，形成科研仪器设施学科与产业生态网络。二是科技服务板块：集成展示研究设施和大型仪器服务人员提供的额外服务能力，如仪器设计、分析测试服务等。三是学科领域板块：着重建设涉及生物、卫生健康领域的疾病、生物材料、生物银行、生物信息学平台。此外，材料在科技产业发展中是基础性的关键环节，可以在以材料产业为代表的基础性、支撑性的学科领域考虑建立平台网络。四是二手仪器调剂板块：对于利用率低、处于闲置状态或技术相对落后的仪器设备，可以建设二手仪器调剂板块通过公开转让、赠送等方式实现流通，提高科技资源的重复利用。

##### （3）合作机制

一般而言，科研设施的建设需要国家和地方投入巨额经费。随着科研基础设施研究的问题日趋复杂，建设规模庞大，建设费用和运行费用维持在较高的水平，一个国家难以独自承担，普遍采用国际合作共同出资建设和管理科研基础设施的方式。

美国和欧洲都采取措施加强了研究基础设施与外部的合作，加强与产业的互动，推动知识和技术的转移转化。促进与国内外合作伙伴和相关利益方的协作机制建设。这些举措对我国基础设施建设、研究和应用具有借鉴意义。

科技基础设施建设可借鉴国外经验，将投资与共享准入联系起来。考虑引入多元化资金作为公共投入的补充，以提高管理和运行效率。针对中小企业缺乏科研设施与仪器的情况，可以以平台为中介手段加强与企业的互动。

##### （4）运营管理

从组织建设上来看，美国和欧盟等发达国家组织管理科研设施和大型仪器一般有专门的用户选择委员会、咨询委员会、理事会等，还有专门的审查委员会、同行评议委员会等，有效支撑了建设和运营。欧洲科研基础设施有多种机构参与管理，相互之间都有明确的分工和协作，协调了

成员国、会员国和多渠道的建设方利益。

我国科技资源和设施主要由各个部门直接建设和管理,很多大型科技基础设施和仪器平台缺乏有效的运营机制,需要借鉴国外经验,探索公司化独立或合资运营机制。可以考虑专业委员会制度的建设,针对必需的职能设置进行完善,并对各类设施、多样化的用户和项目进行分类管理。注重设施仪器建设和购置过程中学科之间的平衡并从职能设置和制度保障上得以体现。

#### (5) 共享机制

科研基础设施和大型仪器涉及学科门类多,各个机构的设备管理体制不一样,各国没有一个统一的模式。针对不同的共享个人、机构或企业,可以借鉴国外多样化的共享经验和办法,实现共享效率的提升。

以成本补偿收费方式为基础,可以采取会员制模式,对于加入共享中心的会员按照年度收费。针对共享的目的采取不同的计费方式,以知识发现和公开为目的可以以成本计费或免费,而对于工业化应用的共享,且知识不公开,可以执行高于成本费用以上的收费制度。对于不同的申请对象在时间分配、付费等方面建立不同的共享机制。

可以进一步扩大共享的范围,除了仪器设施的共同使用,还可以围绕科研仪器设施外围资源和能力,实现包括技术、数据、方法、软件和工具的共享。

此外,社会上存在市场化的仪器共享服务机构和检验检测机构,可以借鉴美国NSF的规定,对于依托高校的科研基础设施和仪器,高校的使命是研究与教育,高校仪器共享的前提是市场服务能力不足,如果企业等盈利机构使用高校仪器,首先需要考虑市场上是否能够解决,否则使用高校设备不能低于商业机构服务水平。

#### 参考文献

- [1] 田杰.美国科研仪器平台的共享机制及启示[N].中国经济时报,2016-10-10(A05).
- [2] Annual Portfolio Review of Facilities,FY 2012[EB/OL].[2017-10-10].<https://www.nsf.gov/nsb/publications/2012/nsb1244.pdf>.
- [3] Annual Portfolio Review of Facilities,FY 2014[EB/OL].[2017-10-10].<https://www.nsf.gov/nsb/publications/2016/nsb1462.pdf>.
- [4] 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(3):68-72. DOI:10.3969/j.issn.1000-7695.2012.03.019.
- [5] NASA Partnerships Guide[EB/OL].[2017-11-15].[https://nodis3.gsfc.nasa.gov/NPD\\_attachments/N\\_AII\\_1050\\_003A.pdf](https://nodis3.gsfc.nasa.gov/NPD_attachments/N_AII_1050_003A.pdf).
- [6] 段小华.欧洲科研基础设施的开放共享:背景、模式及其启示[J].全球科技经济瞭望,2014,29(1):66-71. DOI: 10.3772/j.issn.1009-8623.2014.01.013.
- [7] Diamond Light Source Ltd Review 2015/16[EB/OL].[2017-11-05]. <http://extranet2.diamond.ac.uk/ISV/Flipping/2016/files/AR2016.pdf>.
- [8] Framework of access to the joint research centre physical research[EB/OL].[2017-11-14]. [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/open-labs-03-appendix-1-framework\\_open\\_access\\_jrc-ri.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/open-labs-03-appendix-1-framework_open_access_jrc-ri.pdf).
- [9] 王敬华.德国大科学装置运行服务及管理评价机制[J].全球科技经济瞭望,2016,31(10):23-28. DOI: 10.3772/j.issn.1009-8623.2016.10.005.
- [10] Large Facilities Manual[EB/OL].[2017-11-06]. <https://www.nsf.gov/pubs/2017/nsf17066/nsf17066.pdf>.
- [11] Independent review of National Large Facilities at Harwell[EB/OL].[2017-11-09]. <https://www.stfc.ac.uk/files/independent-review-of-national-facilities-at-harwell/>.
- [12] Access to major international X-ray and neutron scattering facilities[EB/OL].[2017-11-13]. [https://www.aps.org/programs/international/resources/upload/Facilities\\_Access\\_All\\_2009.pdf](https://www.aps.org/programs/international/resources/upload/Facilities_Access_All_2009.pdf).