

· 科学论坛 ·

# 德国大科学装置的开放共享机制及启示

王慧斌<sup>1,2\*</sup> 白惠仁<sup>3</sup>

(1. 中国科协创新战略研究院, 北京 100038; 2. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190;  
3. 西安交通大学人文社会科学学院, 西安 710049)

**[摘要]** 开放共享是大科学装置管理的世界性问题。德国国内大科学装置的开放管理借由评估体系、与企业合作研究的创新文化、与高校合作的科教协同推动实现,同时还在与外部资源开展大科学装置跨国合作时注重面向世界的开放共享。对照中国大科学装置开放管理现状,德国经验为中国大科学装置管理提供了完善开放共享评价机制、充分发挥企业的创新主体作用、推动科教协同发展、将“引进来”与“走出去”结合起来的启示。

**[关键词]** 大科学装置;开放共享;德国;亥姆霍兹联合会

大科学装置兴起于 20 世纪中期,以哈勃望远镜、美国费米实验室的质子加速器、欧洲核子研究中心(CERN)的大型强子对撞机(LHC)等耗资巨大的科研设备为代表。大科学装置不仅实现了科学观察和实验的进步,其建设运行过程也持续对科学理论和制造技术提出了新的课题。由于所处阶段和政策牵头部门的差异,中国政策文本对大科学装置的称谓还包括“国家重大科技基础设施”、“国家重大科研基础设施”等,本文仍使用“大科学装置”统称上述概念。

## 1 问题的提出

由于耗资巨大,大科学装置在通常情况下需由政府统筹建设和运行资金,因而具有明显的公共性。这不仅要求大科学装置所带来的科技进步和社会发展能够由全体公民共享,其自身也应按国家创新驱动发展战略的要求,面向科研机构、高校和企业等创新主体开放共享<sup>[1]</sup>。然而,开放共享一直是大科学装置管理的普遍课题。已有研究分析了大科学装置所有权和实际控制权分离的管理模式<sup>[2]</sup>,并通过美国斯坦福直线加速器中心(SLAC)<sup>[3]</sup>、CERN<sup>[4]</sup>等案例展示了不同主体在使用大科学装置时的竞争性。针对这一问题,各国科技政策和各装置管理制度都采取了相应措施。

中国的大科学装置政策文本均认同其开放共享属性。特别是按照国家发展改革委、财政部、科技部、自然科学基金委 2014 年《国家重大科技基础设施管理办法》的界定,国家重大科技基础设施指“为提升探索未知世界、发现自然规律、实现科技变革的能力,由国家统筹布局,依托高水平创新主体建设,面向社会开放共享的大型复杂科学研究装置或系统,是长期为高水平研究活动提供服务、具有较大国际影响力的国家公共设施”<sup>[5]</sup>，“面向社会开放共享”、“国家公共设施”成为大科学装置的本质属性和题中之义。此后,国务院 2014 年发布了《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》,科技部 2017 年联合发展改革委、财政部出台《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》,对开放共享予以专项保障。尽管如此,根据中科院管理人员的研究报告,中国大科学装置的开放管理还存在着监督考核忽视对外开放共享等方面的问题。<sup>[6]</sup>德国作为长时间运行大科学装置的世界科技强国之一,其亥姆霍兹联合会(Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren)的大科学装置在 2015—2017 年分别有 70.6%、72.6%、71%的机时为外部科学家所用,<sup>[6,7]</sup>在境外参与的国际合作同样注重开放共享,其管理机制值得借鉴。

收稿日期:2019-01-23;修回日期:2019-03-21

\* 通信作者,Email:wanghuiyin9@126.com

## 2 亥姆霍兹联合会对大科学装置的开放共享

德国大科学装置主要由亥姆霍兹联合会管理。亥姆霍兹联合会是德国规模最大的科研机构，前身为20世纪中期形成的国家联合中心研究会，1995年为纪念德国物理学家亥姆霍兹(Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz)而更名。联合会由分布于德国各地的德国电子同步加速器(DESY)、亥姆霍兹重离子研究中心(GSI)、德国癌症研究中心(DKFZ)等19个研究中心组成，主要进行能源、地球与环境、生命科学、关键技术、物质结构和航空航天与交通等领域的前瞻性科学研究。联合会2018年总预算达45亿欧元，其中约30%来自第三方资助，其余由联邦和州政府按照9:1的比例保证，并在2015—2020年间每年递增3%。在论文发表方面，联合会2017年共有ISI或SCOPUS索引论文16378篇，2018年度自然指数(Nature Index 2018 Annual Tables)排名第7<sup>[8]</sup>。如前所述，联合会管理的大科学装置实现了较程度的开放共享，这有赖于德国独具特色的科教政策和亥姆霍兹联合会的努力。

一是管理制度与评价体系的要求。作为德国联邦教育部制定国家研究设施路线图的重要参考(如图1)，德国科学委员会开展评估的指标包括科学潜力、实用性、可行性、对德国成为科学研究基地的影响四项，其中对实用性的评估就是考量用户群体及其来源、开放规则。<sup>[9]</sup>在亥姆霍兹联合会层面，核心决策机构除了各研究中心负责人，另有政府、科研、产业和其他研究机构的代表组成了评议会。评议会委托独立而国际公认的专家开展评估，并以此为基础向政府提供经费建议。2017年底，针对各研究中心和研究项目在2014—2018年资助期内的表现，来自27国的约600名专家开展了长达半年的评估工作。评估报告中多处涉及开放共享表现：如地球与环境领域的评估报告指出，“极星号”科考破冰船、高海拔和长距离研究飞机(HALO)这些装置不仅独特，它们为外部用户提供的系统和服务也被评为优秀；DESY、GSI这些物质结构领域的大科学装置则被认为是德国科学系统分工和与国内外大学开展合作的典范<sup>[10]</sup>。

二是与企业合作开展研究的创新文化。大科学装置在推动科技进步的同时，也对经济发展产生积极影响。特别是与马克斯·普朗克学会、弗朗霍夫

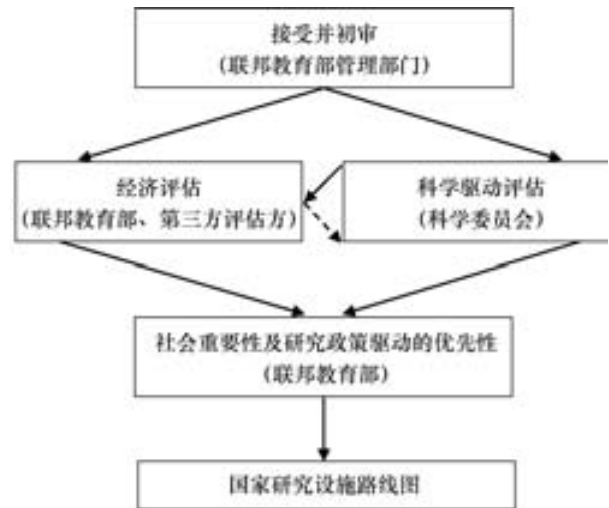


图1 德国国家研究设施路线图制定流程

协会、莱布尼茨学会等德国其他三大科研机构相比，亥姆霍兹联合会旨在为人类社会可持续发展面临的挑战寻找出路，因而特别注重将依托大科学装置的先进技术和前沿知识转化进市场。而对于企业来说，由于缺乏独立投资大科学装置的能力和意愿，依赖政府资助的公共基础设施就成为必然选择。通过亥姆霍兹中心创新基金、亥姆霍兹创新实验室等项目，亥姆霍兹联合会每年约有2000个项目与企业合作进行研究<sup>[11]</sup>。

三是推动研究机构与高校协同发展的教育制度。德国的博士学位授予权主要集中于综合性大学，亥姆霍兹联合会的学者因此就必须通过受雇于大学而招收博士生。特别是2006年德国大学“精英计划”出台后，亥姆霍兹联合会在第一阶段(2007—2012年)参与13个精英集群、15个研究生院项目，到第二阶段(2012—2017年)又增加到19个精英集群和17个研究生院项目。这里的精英集群就是为了推动同地区的多学科学者共同研究一个与社会或经济相关的主题，研究生院则旨在为博士生提供一流的科研指导与条件。在上述制度的影响下，亥姆霍兹联合会学者受雇大学W2、W3教授人数在2015—2017年连续维持在600人以上(德国教授分为三个级别：W1级是最初级的教授职位，W2级为一般正职教授，W3级也称“终身教授”)；德国大学生也得以充分利用高性能的亥姆霍兹大科学装置，受益博士候选人在2016年达2949名、2017年达3380名。<sup>[6, 7]</sup>也正是基于此类合作，亥姆霍兹联合会的原成员单位卡尔斯鲁厄研究中心与卡尔斯鲁厄大学于2009年10月合并为卡尔斯鲁厄理工学院，并继续作为亥姆霍兹联合会的成员单位；类似地，

DESY 和所在地汉堡的汉堡大学也展开了密切合作,汉堡大学的实验物理、激光物理等研究所就直接设在 DESY 园区内<sup>[12]</sup>。

### 3 跨国开放共享:参与大科学装置的国际合作

在科学全球化的时代,跨国开放与合作是大科学装置的发展趋势。从全球的视角看,跨国合作是有效提高全球大科学装置利用效率、避免低水平重复建设的重要举措;而从参与国自身的立场来评判,无论是吸引外部资源参加本国大科学装置建设和运行,还是参与到他国的相关工作中,均可使本国受益。<sup>[13]</sup>从 20 世纪 50 年代开始,德国就开始参与大科学装置的国际合作,这些多国合作的装置也特别注重开放共享。

亥姆霍兹研究会注重引入外国资金与人力资源,随之面向全球开放。基于 DESY 建设的欧洲 X 射线自由电子激光(European XFEL)投资 12.5 亿欧元,德国联邦和汉堡、石勒苏益格-荷尔斯泰因州政府的出资占其中的 57%,其余由俄罗斯等 11 国承担;<sup>[14]</sup>基于 GSI 建设的粒子加速器反质子与离子研究装置(FAIR)投资同样超 10 亿欧元,德国联邦和黑森州政府出资约 70%,另有包括印度在内的 9 个合作国<sup>[15]</sup>。与之相应的是,亥姆霍兹联合会在布鲁塞尔、北京、莫斯科等地设立代表处,主动吸引优秀科研人员前往亥姆霍兹联合会下属中心开展研究。在亥姆霍兹研究会的努力下,2017 年在研究会使用装置的外国科学家已达 10 602 名,其中来自中国、俄罗斯、印度、意大利的科学家均超过 600 名<sup>[7]</sup>。

与之同时,德国在不同的历史时期还积极参与境外装置的国际合作,并借助大科学装置的开放共享实现科学外交。德国承担了最大份额经费的 CERN 位于瑞士与法国交界的日内瓦,在 1954 年筹建时的使命就是为了“增加科学家的国际合作并使合作更加有效”。<sup>[16]</sup>后续发展过程中,CERN 内部曾一度分为英国和德国、法国和意大利两大科学联合体,但这一分野已被跨国界的科学合作取代。<sup>[4]</sup>总部位于德国加兴的欧洲南方天文台(ESO)充分利用智利阿塔卡玛沙漠的纬度和气象环境优势,持续建设了世界上第一台拥有计算机控制主镜技术的望远镜、甚大望远镜(VLT),还与美、加、日、韩等国合作建设阿塔卡马大毫米/亚毫米波阵列(ALMA),正在建设极大望远镜(ELT),望远镜自 1996 年以来一直为智利本国天文学家优先提供观测时间。<sup>[17]</sup>2017

年,以柏林同步辐射光源装置(BESSY)升级改造时淘汰的储存环为基础,多方投资的中东同步加速器辐射实验科学和应用中心(SESAME)在约旦建成。作为该地区的首个此类设施,SESAME 除了满足中东地区科学家的学术研究需求,也承担着推动这些政治制度、宗教信仰不同的国家加强交流的使命。不仅如此,在亥姆霍兹联合会看来,科学与社会的运行组织方式是相互影响的,SESAME 对现代科学透明性原则的推广也将在更为基础的层面强化自由宪法原则的影响<sup>[18]</sup>。

### 4 对中国大科学装置开放共享的启示

随着中国高校、企业等创新主体的快速发展,加之相关政策文本的持续要求,大科学装置的开放共享已成为科技体制改革的重要内容。具体来说,德国大科学装置的开放共享机制能够提供以下经验参考:

第一,完善开放共享评价机制。《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》已明确由科技部牵头,对科研设施进行包括开放制度合理性、开放程度和开放效果等指标的评价考核,并将评价考核结果作为科研设施更新的重要依据。<sup>[19]</sup>事实上,开放共享程度必须能够影响到后续经费支持,才能切实得到保障。对开放共享的评估应注重评审委员构成的多元性,加强外部科研院所和高校、企业等各方用户在经费分配中的话语权。在具体评价中,可以利用中科院将大科学装置分为专用研究设施、公共实验设施和公益科技设施的分类方法,对开放共享程度进行分类要求。例如,公共实验设施的目的就是要为多学科领域的基础研究、应用基础研究和应用研究服务,被认为是“创新链与产业链结合最为紧密的一种组织方式”<sup>[20]</sup>,因而可以相应提升对上海光源、北京同步辐射装置、合肥同步辐射装置等公共实验设施开放共享的考核比重。

第二,充分发挥企业的创新主体作用。北京正负电子对撞机等装置不仅衍生了大量新技术、新工艺和新装备,也孕育了一批高新技术并实现了转化应用。<sup>[21]</sup>不过,企业在作为知识和技术转化接收方的同时,更应成为基于大科学装置开展研究的主体。国外研究显示,大科学装置的商业使用平均占其研究时间的 16%<sup>[22]</sup>;位于法国格勒诺布尔的欧洲同步辐射光源(ESRF)更是有 30% 的研究涉及制药和生物技术、汽车工程、纳米技术等领域的商业合作伙



伴,商业部门能通过评议甚至可以免费使用设施<sup>[23]</sup>。与之相比,中国企业基于大科学装置的创新主体作用亟待加强。例如,北京同步辐射装置在2011—2013年分别有597、598、630个实验课题完成实验,其中来自企业的实验课题数分别为1、3、3,<sup>[24]</sup>存在一定差距。

第三,推动科教协同发展。以高能物理领域为例,北京正负电子对撞机、大亚湾反应堆中微子实验站和宇宙线实验站都依托于中科院高能物理研究所,这使得同样依托中科院的中国科学技术大学在高能物理人才培养方面有着明显优势。<sup>[25]</sup>随着中国大科学装置整体规模的扩大,中科院大科学装置的科教融合也不再限于对中国科学院大学和中国科学技术大学的支撑,如中国散裂中子源在广东东莞的建设就对东莞理工学院、香港城市大学等粤港澳大湾区高校的中子散射研究提供了重要机遇。但是,当前基于大科学装置的科教合作主要取决于装置所在单位的意愿,下一步可以考虑从顶层设计的角度推动科研机构与大学的深度协同。

第四,“引进来”与“走出去”的结合。大科学装置在中国的发展前期,设备研制主要由本国力量开展,这一决策有力推动了技术进步。<sup>[21]</sup>然而,大科学装置的建设与运行也存在着耗资和占地规模巨大、技术要求高等现实困难。未来应按照国务院《积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案》“中方主导,合作共赢”原则和“积极参与他国发起的大科学计划”重点任务的要求<sup>[26]</sup>,积极主导或充分参与国际性大科学装置项目,以此为相关国家提供发展科学技术和经济社会的科学资源。

**致谢** 本文得到国家社会科学基金(项目编号:17CZX022)资助。

### 参 考 文 献

- [1] 新华社. 中共中央、国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-05/19/content\\_5074812.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-05/19/content_5074812.htm). (2016-5-19)[2017-7-29].
- [2] 陈光, 尚智丛, 王艳芬. 关于大型科研仪器共享问题的一个产权理论解释. 中国基础科学, 2013, 15(1): 29—33.
- [3] 特拉维克(著), 刘珺珺, 张大川, 等(译). 物理与人理: 对高能物理学家社区的人类学考察. 上海: 上海科技教育出版社, 2003: 149.
- [4] 高洁, 袁江洋. 国家科学与超国家科学的博弈——以欧洲核子研究组织运行状况调查为例. 科学文化评论, 2010, 7(6): 44—57.
- [5] 国家发展改革委. 国家重大科技基础设施管理办法. [http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201411/t20141124\\_649155.html](http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201411/t20141124_649155.html). (2014-11-5)[2014-12-14].
- [6] 陈娟, 周华杰, 樊潇潇, 等. 重大科技基础设施的开放管理. 中国科技资源导刊, 2016, 48(4): 6—13.
- [7] Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren. Geschäftsbericht 2017 der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren. [https://www.helmholtz.de/fileadmin/user\\_upload/04\\_mediathek/epaper-Geschäftsbericht\\_2017/2017\\_Geschäftsbericht\\_web.pdf](https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/04_mediathek/epaper-Geschäftsbericht_2017/2017_Geschäftsbericht_web.pdf). [2018-8-5].
- [8] Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren. Geschäftsbericht 2018 der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren. [https://www.helmholtz.de/fileadmin/user\\_upload/04\\_mediathek/Jahresbericht\\_2018/18\\_Helmholtz\\_Jahresbericht\\_DEUTSCH\\_web.pdf](https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/04_mediathek/Jahresbericht_2018/18_Helmholtz_Jahresbericht_DEUTSCH_web.pdf). [2019-2-13].
- [9] Wissenschaftsrat. Bericht zur wissenschaftsgeleiteten Bewertung umfangreicher Forschungsinfrastrukturvorhaben für die Nationale Roadmap. <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/6410-17.pdf>. [2018-8-5].
- [10] Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren. Die Struktur der Helmholtz-Gemeinschaft. [https://www.helmholtz.de/ueber\\_uns/die\\_gemeinschaft/satzung\\_und\\_governance/governancestruktur/](https://www.helmholtz.de/ueber_uns/die_gemeinschaft/satzung_und_governance/governancestruktur/). [2019-2-13].
- [11] Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren. Zahlen und Fakten. [https://www.helmholtz.de/ueber\\_uns/die\\_gemeinschaft/zahlen\\_und\\_fakten/](https://www.helmholtz.de/ueber_uns/die_gemeinschaft/zahlen_und_fakten/). [2018-8-5].
- [12] Deutsches Elektronen-Synchrotron. Uni Hamburg Institute auf dem DESY-Campus. [http://www.desy.de/forschung/kooperationen\\_institute/uni\\_hamburg/index\\_ger.html](http://www.desy.de/forschung/kooperationen_institute/uni_hamburg/index_ger.html). [2018-8-5].
- [13] 杜澄, 尚智丛, 等. 国家大科学工程研究. 北京: 北京理工大学出版社, 2011.
- [14] European XFEL. Überblick. [https://www.xfel.eu/anlage/ueberblick/index\\_ger.html](https://www.xfel.eu/anlage/ueberblick/index_ger.html). [2018-8-5].
- [15] Facility for Antiproton and Ion Research. Was ist FAIR?. <https://fair-center.eu/index.php?id=20&L=1>. [2018-8-5].
- [16] 阿克塞尔(著), 乔从风, 田雨, 吕晓睿, 汤亮, 陈曰德(译). 目睹创世——欧洲核子研究中心及大型强子对撞机史话. 上海: 上海科技教育出版社, 2014.
- [17] European Southern Observatory. ESO & Chile. <https://www.eso.org/public/about-eso/eso-and-chile/>. [2018-8-5].
- [18] Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren. Internationalisierungsstrategie 2017—2022. [https://www.helmholtz.de/fileadmin/user\\_upload/04\\_mediathek/perspektiven/17\\_Helmholtz\\_Internationalisierungsbroschuer\\_e\\_DE\\_Web.pdf](https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/04_mediathek/perspektiven/17_Helmholtz_Internationalisierungsbroschuer_e_DE_Web.pdf). [2018-8-5].
- [19] 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. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-01/26/content\\_9431.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-01/26/content_9431.htm). (2015-1-26)[2017-8-5].
- [20] 邢超. 创新链与产业链结合的有效组织方式——以大科学工程为例. 科学学与科学技术管理, 2012, 33(10): 116—120.

- [21] 尚智丛. 基础研究与国家目标:以北京正负电子对撞机为例的分析. 北京:中国科学技术出版社, 2015.
- [22] Frank Zuijdam, Jasper Deuten, Ingeborg Meijer, etc. The Role and Added Value of Large-Scale Research Facilities. [http://www.technopolis-group.com/wp-content/uploads/2011/02/1379\\_Report\\_Large-scale\\_Research\\_Facilities\\_EN1.pdf](http://www.technopolis-group.com/wp-content/uploads/2011/02/1379_Report_Large-scale_Research_Facilities_EN1.pdf). [2013-11-4].
- [23] European Synchrotron. X-rays for innovation. <http://www.esrf.eu/files/live/sites/www/files/Industry/documentation/ESRF-Indus-2018.pdf>. [2018-8-5].
- [24] 中国科学院高能物理研究所. 中国科学院重大科技基础设施年度经费决算报告(北京正负电子对撞机). 北京:中国科学院高能物理所, 2011, 2012, 2013.
- [25] 胡化凯, 丁兆君, 陈崇斌, 等. 当代中国物理学家学术谱系——以几个分支学科为例. 上海:上海交通大学出版社, 2016.
- [26] 国务院. 关于印发积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案的通知. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-03/28/content\\_5278056.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-03/28/content_5278056.htm). (2018-3-28)[2018-3-28].

## Enlightenment of German mechanism of opening and sharing large-scale scientific facilities

Wang Huibin<sup>1, 2</sup> Bai Huiren<sup>3</sup>

(1. *National Academy of Innovative Strategy, China Association for Science and Technology, Beijing 100038;*

*2. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190;*

*3. School of Humanities and Social Sciences, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)*

**Abstract** Opening and sharing large-scale scientific facilities is a universal issue in the world. In German context, opening and sharing has been promoted by evaluative system, innovative culture calling for operating with enterprises and educational regulation requiring cooperation between academic institutions and universities. Moreover, German have emphasized opening and sharing facilities internationally when building and managing with other countries. Compared with Chinese large-scale scientific facilities' statues of opening and sharing, German mechanism can provide enlightenment for the management of large-scale scientific facilities in China, such as establishing an evaluative system related with financial investments, boosting collaboration with enterprises and universities, and participating in more international programs.

**Key words** large-scale scientific facilities; opening and sharing; Germany; The Helmholtz Association