

国家重大科技基础设施运行管理现状评估 ——以同步辐射光源为例

郜媛莹^{1,2}, 乔黎黎¹, 陈锐¹

(1. 中国科协创新战略研究院, 北京 100012;
2. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190)

摘要: 以国内外典型同步辐射光源为例, 搜集了案例光源设施2010—2016年的运行数据, 通过选取光源运行管理的相关指标对设施运行效率进行量化评估, 进一步对比分析我国重大科技基础设施的运行现状, 并为更好地运行管理我国重大科技基础设施提出相应的政策建议。

关键词: 重大科技基础设施; 同步辐射光源; 管理绩效评估

中图分类号: F13.712 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2018.10.006

重大科技基础设施(以下简称设施)被誉为“国之重器”“科创基石”, 其建设耗资巨大、耗时极长, 代表着一个国家科技实力的最高水平, 也逐渐成为现代科学发展的关注热点。当今世界, 科技发展正孕育着一系列革命性突破, 全球新一轮科技革命和产业变革蓄势待发, 科学前沿的革命性突破越来越依赖于设施的支撑能力, 技术创新和产业发展越来越需要设施提供强大动力, 国际科技竞争合作越来越需要设施的牵引和依托。放眼世界, 发达国家和新兴工业化国家纷纷加大重大科技基础设施建设投入, 扩大建设规模和覆盖领域, 抢占未来科技发展制高点。从我国情况来看, 我国设施的建设起源于新中国成立之初的“两弹一星”计划, 并在改革开放后快速发展^[1]。近年来, 我国也进一步加大了设施的管理和投入, 2013年我国第一次发布了《国家重大科技基础设施中长期规划(2012—2030年)》,

大幅推动了设施的投资和建设; 2014年研究制定了《国家重大科技基础设施管理办法》; 2016年又发布了《国家重大科技基础设施十三五规划》, 规划了“十三五”期间国家计划优先建设的10个项目。在这些政策的推动下, 我国设施规模不断增长, 形态日益多样, 覆盖领域不断拓展, 技术水平有了明显提升, 综合效应日益显现。但是, 我国设施的发展普遍存在“重建设、轻运行”的倾向, 缺乏对设施运行现状的评估, 在设施的运行管理方面也存在一定的不足。本文通过选取国际典型同步辐射光源设施, 主要包括公认世界领先的三大光源——欧洲同步辐射装置(ESRF)、美国先进光子源(APS)和日本大型同步辐射设施SPring-8(Super Photon ring-8), 以及同为中能光源的英国钻石光源(Diamond)等, 与我国的上海同步辐射光源(SSRF, 以下简称上海光源)进行运行管理的对比分析。

第一作者简介: 郜媛莹(1991—), 女, 博士后, 主要研究方向为创新政策、创新战略。

通讯作者简介: 乔黎黎(1983—), 女, 博士, 副研究员, 主要研究方向为创新政策。邮箱: noraqiao@163.com。

项目来源: 国家自然科学基金青年科学基金项目“基于重大科技基础设施效应及影响因素的评价机制研究”(批准号: 71704166)。

收稿日期: 2018-09-02

表 1 同步辐射光源案例基本情况

序号	光源名称	能量 (GeV)	隶属实验室/ 部门和性质	建设初期 总投资	运行年份	光束线	光源特点	管理方
1	美国先进 光子源	7	阿贡国家 实验室	4.6 亿 美元	1995	71	美国首屈一指的第三代 高能大型同步辐射设 施, 用户覆盖面广	芝加哥大学阿贡 公司管理
2	欧洲同步 辐射光源	6.03	法德意等 欧洲 12 国 共建	2.2 亿 法郎	1994	49	世界上首座第三代同步 辐射加速器, 知识生产 效率最高	多国共建共管, 成立欧洲同步辐 射光源公司管理
3	日本 SPring-8 光源	8	日本理化学 研究所	1 100 亿 日元	1997	57	世界上能量最高的高能 同步辐射光 (8GeV), 还建成了第四代光源 SACLA	日本理化学研究 所和同步辐射研 究机构共同管理
4	英国钻石 光源	3	英国卢瑟福 · 阿普尔顿 实验室	2.35 亿 英镑	2007	28	第三代中能同步辐射光 源, 英国 30 年来最大 的民用研究设施	钻石光源有限公 司管理
5	上海光源	3.5	中国科学院 上海应用 物理所	12 亿元	2009	15	我国第三代同步辐射光 源, 我国目前服务用户 最多的设施	上海光源国家科 学中心管理

数据来源: 各同步辐射光源官方网站, 截止日期为 2018 年 8 月 31 日。

1 国内外典型同步辐射光源运行管理基本情况

欧洲同步辐射装置、美国先进光子源和日本的 SPring-8 光源是公认的世界领先的三大同步辐射光源。这三大光源均运行于 20 世纪 90 年代。

欧洲同步辐射光源位于法国, 是由 17 个成员国基于多边协定建立起来的一个独立的非营利法国民事组织 (Société civile), 该设施于 1994 年开始向公众开放。其运行特征为多国共建共管, 成立专门的欧洲同步辐射光源公司管理。成员国通过签订周期通常为 5 年的双边协定加入。欧洲同步辐射光源的运行经费来自成员组织每年的捐赠, 且该设施的一个重要特征也是运行出色的一个重要原因是: 在成立的文件中就规定了每年 20% 的经费预算用于设施的更新投入, 这使得该设施能够保持积极稳定的整修和维护程序。

美国先进光子源隶属于阿贡国家实验室 (ANL), 由美国能源部投资建设, 建于 1985 年并于 1995 年向用户开放, 由芝加哥大学成立的实体公司——UChicago 阿贡有限责任公司负责运行

管理。美国能源部与 UChicago 阿贡公司签署协议, 协议有效期为 5 年, 5 年后能源部对阿贡国家实验室进行评估, 并决定合同的续签或变更。能源部对阿贡国家实验室采取以结果为导向、以成绩为基础的目标任务合同制管理。与欧洲同步辐射光源明显不同的是, 欧洲同步辐射光源整个设施的建设 (包括光束线的建设、员工的雇用) 都得到了资助, 而且有足够的资金支持用于持续的发展和完善, 而针对美国先进光子源类似的全面协调性的资助文件和组织则是最近几年才形成的, 通过组织改革和长期需要的预算增加来实现。

日本大型同步辐射设施 SPring-8 是世界上能量最高的第三代同步辐射光源, 光源能量为 8GeV, 即输出功率为 8GeV, 于 1997 年开始向用户开放。1994 年 SPring-8 还在建设阶段时, 日本政府即颁布《同步辐射装置共同利用促进法》, 指定由日本同步辐射研究机构 (Japan Synchrotron Radiation Research Institute, JASRI) 负责管理光源的运行、维护、改造、用户服务、科技研发等, 日本同步辐射研究机构是 SPring-8 的唯一法定管理机构, 属私立非营利性质, 雇有员工 1 000 多名, 其中 80% 为

研究和技术人员;从2005年起,SPring-8由日本同步辐射研究机构和日本理化学研究所(RIKEN)共同管理,日本理化学研究所负责运行,日本同步辐射研究机构负责用户管理;2006年日本政府修改了法律,颁布了《特殊先进大型研究装置公共利用促进法》,日本理化学研究所由于人力不足而对装置运行管理权进行国际招标,日本同步辐射研究机构被选为装置使用管理机构,与日本理化学研究所签订协议负责用户管理和运行^[2]。

英国钻石光源是英国政府于2002年批准建造,构成高能的欧洲同步辐射光源的补充,来替代本国已接近使用寿命的上一代SRS光源。建成后的钻石光源(3 GeV)与上海光源(3.5 GeV)、法国SOLEIL光源(2.75 GeV)和西班牙ALBA光源(3 GeV)同属目前世界上性能最好的第三代中能同步辐射光源。钻石光源是40多年来英国投资兴建的最重要的大科学装置和最大的民用科研基地,总投资2.35亿英镑,由英国科学和技术设施委员会的中心实验室研究理事会(CCLRC)与英国最大的生物医学研究慈善机构——威康信托基金会(Wellcome Trust)共同建设,双方投资份额分别为86%和14%。2002年,英国科学和技术设施委员会和威康信托基金会合资成立了英国钻石光源有限公司,负责光源的开发和运营。

上海光源是我国第三代同步辐射光源,于2009年正式运行。我国重大科技基础设施的管理体制分为3级:国家发改委牵头,包括财政部、科技部、自然科学基金委员会在内的4部门是宏观管理单

位,负责设施的规划、建设、运行和退役,以及依托设施开展的科研工作;教育部、中国科学院等国家有关部门、省级人民政府、中央管理企业等是主管单位,负责组织本部门、本地区或本企业所属单位设施项目的申报、协调等工作,制定设施管理的有关具体政策和细则,协调落实设施建设和运行所需条件;高校、科研院所或企业可作为设施建设管理的依托单位,负责设施项目申报、建设和运行管理的具体任务,落实相应的保障条件。中国科学院上海应用物理所是上海光源的主管部门,并筹备二级机构上海光源国家科学中心对光源进行运行管理。中国大设施的三级管理架构,也是比美国和欧洲多出了主管部门这一层级。

图1和图2分别是所选4个案例光源2010—2016年的每年员工数和用户数的基本情况。欧洲同步辐射光源的员工数要多于其他几个光源的员工数,而SPring-8的用户数则要远远多于其他几个光源的用户数,从这个角度上看,欧洲同步辐射光源和SPring-8的整体运行管理规模要大于钻石光源和上海光源。

但由于上海光源处于运行初期,且光束线要远远少于其他几个光源,所以图3将各光源的光束线能满足用户的平均数做了测算,在这种测算方法下,上海光源2016年15条光束线平均每条能满足的用户数为302人,在各光源中最高,这说明上海光源虽然运行时间较短,但运行管理规模比较大。接下来将结合其他量化指标对各设施的运行管理情况做进一步的分析。

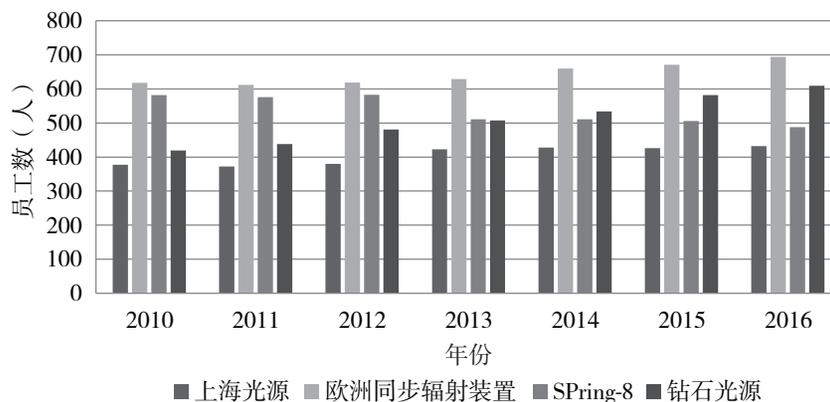


图1 案例光源2010—2016年每年员工数

数据来源:各同步辐射光源官方网站,截止日期为2018年8月31日。



图2 案例光源 2010—2016 年每年用户数

数据来源：各同步辐射光源官方网站，截止日期为 2018 年 8 月 31 日。



图3 2016 年各光源平均光束线满足用户数

数据来源：各同步辐射光源官方网站，并经进一步计算得来，截止日期为 2018 年 8 月 31 日。

2 国内外典型同步辐射光源运行管理绩效量化评估

2.1 指标的选取

尽管每个同步辐射光源装置都会在很多方面存在不同，但它们也有一些共同的特征，为衡量这些光源设施的运行管理效率，本研究从设施的运行能力和科研能力两大方面出发，选择 3 个可以衡量的指标进行量化分析。第一，作为具有较高综合性能且高度精密复杂的仪器设备，设施的性能（即机器的可靠性）非常重要，能否保证加速器每天的运转，能够不中断地保证用户的使用时长也是衡量设施运行的一个重要指标，可以反映出光源的技术可靠性。因此设施的可保障机时是衡量设施运行效率的一个重要指标，该指标的计算方法为（总运行机时 - 故障机时）/ 总运行机时。第二，作为重大科技基础设施，要达到最好的使用条件并充分发挥设

施作用，需要吸引最好的用户团体，因此如何进行用户管理及分配机时是衡量设施运行管理的一个重要指标。用户使用设施时，都需要提交申请并经过由各领域专家组成的评审委员会的审核评估，通过评估的用户方可利用光源进行实验及研究，由此会产生一个“超额申请率”的指标，该指标由用户提交申请数除以获准分配申请数得出，反映了利用该光源设备进行实验的需求及光源的受欢迎程度，也反映了设施的容量及可获取性。第三，和大多数科研设备一样，利用光源发表的文章数是衡量设施产出的一个重要标准，因此本文选取了 SCI 收录论文的数量来衡量设施的产出。这 3 个指标构成了一个衡量设施运行管理效率的基本指标体系，也被国外一些研究学者称为装置计量学（Facilitymetrics）^[3]。

2.2 各指标分析

该指标可反映出光源设施技术的可靠性，图 4 是各光源设施的可保障机时率情况。可以看出，

表 2 基于装置计量学的设施运行衡量指标体系

衡量指标	衡量内容	计算方法
可保障机时	技术可靠性	$(\text{总运行机时} - \text{故障机时}) / \text{总运行机时}$
超额申请率	设施容量及可获取性	用户提交申请 / 获准分配申请
论文产出	发表论文数量	SCI 收录论文数量

2010 年至 2016 年间, 四大光源的可保障机时均在 95% 以上, 出现故障的概率都被控制在了一定的范围内, 说明这些设施的技术可靠性较强, 也反映了这些设施基本可以保证用户在申请的实验时间内有效运行。从时间轴上来看, 该指标每年都有波动, 也说明由于折旧及各方面的原因, 曾经较高水平的

技术可靠性在达到一定程度后, 也不可避免地会出现相对较小的变化。横向比较来看, SPring-8 和欧洲同步辐射光源的可保障机时率均在 98.5% 以上, 均高于上海光源。

图 5 是各光源设施历年来总体的超额申请率情况, 该指标也是衡量设施运行的较为动态全面

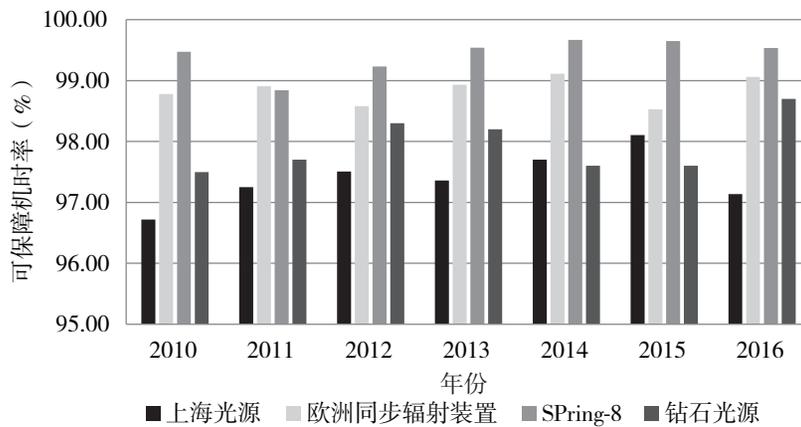


图 4 案例光源 2010—2016 年每年可保障机时率情况

数据来源: 各同步辐射光源官方网站, 并经进一步计算得来, 截止日期为 2018 年 8 月 31 日。

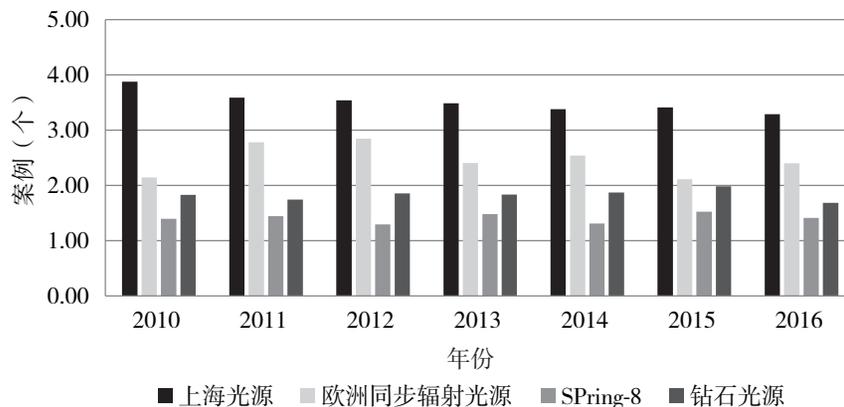


图 5 案例光源 2010—2016 年每年超额申请情况

数据来源: 各同步辐射光源官方网站, 并经进一步计算得来, 截止日期为 2018 年 8 月 31 日。

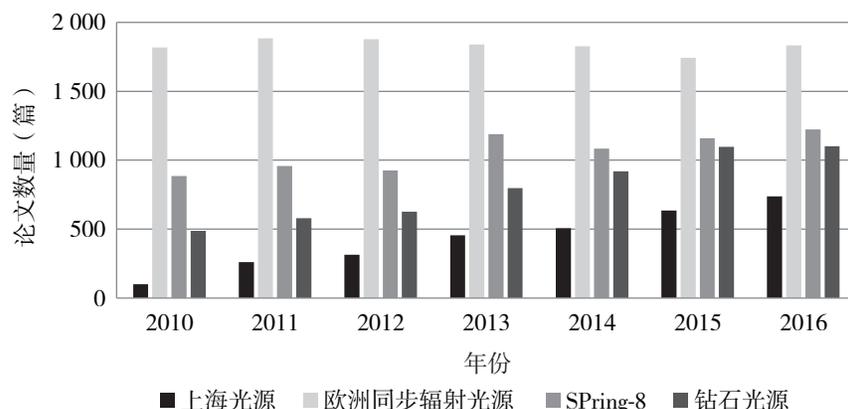


图6 案例光源2010—2016年每年SCI收录论文情况

数据来源：各同步辐射光源官方网站，并经进一步计算得来，截止日期为2018年8月31日。

的一个指标，既反映了设施的科学需求及受欢迎程度，也反映出设施容量和管理水平。从图中可以看出，SPring-8的超额申请率最低，而我国上海光源的超额申请率则在4个光源中最高，从上文图2中可以看出SPring-8的用户数也远远多于其他几个光源，这从侧面反映出SPring-8更大的容量及更高效的用户管理合理地降低了申请竞争。值得注意的是，我国上海光源的超额申请率呈现出了逐年下降的趋势，这也说明上海光源的容量及运行管理在不断扩大及优化。如何通过用户管理筛选出优质的科学资源，最大化发挥设施的效益，又兼顾公平，是设施运行管理过程中需要解决的一个问题。

在宏观层面衡量论文的产出，是目前较为通用的一种科学政策评估方法^[4]。从图6中可以看出，基于欧洲同步辐射光源的SCI收录论文数最多，且远远多于其他几个光源，在一定程度上可以说说明欧洲同步辐射光源的运行绩效要比其他同类设施好。再看SPring-8，虽然用户数最多且其他指标较为出色，但在成果发表这项指标上却并不出色，可以推测部分原因或许是由于其提供的某些研究并不对外公开，且日本较重视产业应用，但具体原因有待进一步研究。上海光源历年的SCI收录论文数在4个光源中最少，也不如同等能量、同时期运行的钻石光源，但呈现出了逐年稳定增长的趋势，这说明设施在科研方面的作用也在逐步趋好。

2.3 指标分析结论

一个大设施的成功运行依赖于各种各样的科学、技术及组织因素，因此这些指标的分析会具有一定的局限性，但为衡量设施运行绩效提供了一种量化思路和方法^[5]。从上述指标分析可以看出，日本的SPring-8光源和欧洲同步辐射光源的运行绩效要高于英国钻石光源和我国上海光源。作为已运行20年左右且较为成熟、性能优越的高能光源，日本SPring-8光源、欧洲同步辐射光源在运行成熟期都反映出一些特征，如运行技术更加成熟，装置更加稳定，能够通过不断维护升级改造达到性能提升；装置用户申请超过可用机时，机时供不应求，但具有较为成熟的用户机时分配规则，用户管理效率较高^[6]；用户的科研产出也持续处在较高水平。这与各自较为科学成熟的高水平运行管理都有着密不可分的关系。再看我国的情况，上海光源仍处于运行初期，在短时间内取得了比较突出的运行绩效，但在各项指标中，其排名都不高，这说明与其他几个设施相比，上海光源的运行管理机制仍有待进一步加强，包括组织管理、投入保障及开放共享等方面。

3 提升我国重大科技基础设施运行管理绩效的政策建议

3.1 增强设施运行管理机制的灵活性，提高用户管理效率

一直以来，我国设施运行管理的国家管理部门

缺位,且缺乏设施发展的长远规划管理,与国外相比,缺乏先进的运行管理机制。如美国和日本的设施管理都采用了委托代理运行制,即将所有权与管理权分离,实行“管理权竞标制度”,将一定期限内的管理权承包给有资格的研究机构,基于评价确定管理权的存续。由承担单位联合相关力量,成立专门机构负责设施管理,从而在一定程度上解决了承担单位和设施运行机构在行政管理程序、人员聘用、研究模式、财务模式、激励结构和合同文书等方面存在的结构性矛盾。可以针对我国设施具体情况,学习国外先进运行模式,积极探索并视情况试行灵活的运行管理机制,能够目标明确、资源集中地高水平完成运行工作。采取多种手段优化用户管理,如每年实行多个申请周期、加强对用户的分类管理、合理压缩单个实验时间等,兼顾效率与公平。

3.2 保障设施运行经费投入,建立多元化的运行投入渠道

欧洲同步辐射光源运行出色的一个重要原因,是在成立的文件中就规定了每年20%的经费预算用于设施的更新投入,这使得该设施能够保持积极稳定的整修和维护程序;英国的钻石光源在各期建设之初即明确改造升级计划,在大规模稳定升级中做好预算;而我国上海光源每次改造升级时的经费投入,均需要再次重新立项申请。我国设施在运行投入方面多面临运行费不足、升级改造和研究经费渠道不畅的问题^[7]。建议把建设费用和运行费用都作为设施的投入需求一并考虑,将已有设施的重大改造升级纳入规划内容,并将改造升级经费纳入运行费安排,适当提高运行费。同时,鉴于国内目前对设施研究经费尚无稳定支持,我国设施运行管理应更加重视设施研究,将一定比例的设施研究经费纳入运行预算,以保障设施的高水平稳定运行。此外,建议建立健全设施运行资金投入渠道,鼓励有能力的企业或社会资本投资成立专业化企业,通过承包、分包或提供技术服务等方式,承担国家或地方投资的大设施的运行维护任务,向业主和用户提供专业化服务。鼓励国家或地方大设施的依托法人单位,委托专业化企业承担设施日常维护和维修改造任务,面向全社会提供开放共享服务。

3.3 加强设施运行监管,做好运行绩效评估

加强设施全程评估管理,定期组织大设施运行

绩效评估,充分利用评价手段,包括对设计指标实现情况、利用情况及满足科学目标、科学发展潜力的评估,形成一套完整普适性的绩效评估标准体系。并利用好评估结果,根据评估结果,对设施运行、改造提升等予以支持^[8]。鼓励地方对自主投资建设的大设施进行运行绩效评估,并根据评价结果,配置人才、项目、资金等创新资源。鼓励地方和社会投资建设的设施参与国家组织的运行绩效评估,支持评估结果优异的设施承担国家科技任务。同时逐步提高开放共享程度,切实提高大科学装置的运行服务效率和成果产生率^[9]。■

参考文献:

- [1] 杜澄,尚智丛.国家大科学工程研究[M].北京:北京理工大学出版社,2011.
- [2] 乔黎黎.重大科技基础设施建设运行管理研究——以同步辐射光源为例[D].中国科学院大学,2016.
- [3] Olof Hallonsten. Introducing "facilitymetrics": A first review and analysis of commonly used measures of scientific leadership among synchrotron radiation facilities worldwide[J]. *Scientometrics*, 2013(96): 497-513.
- [4] Olof Hallonsten. How expensive is Big Science? Consequences of using simple publication counts in performance assessment of large scientific facilities[J]. *Scientometrics*, 2014(100): 483-496.
- [5] Ricard Heidler, Olof Hallonsten. Qualifying the performance evaluation of Big Science beyond productivity, impact and costs[J]. *Scientometrics*, 2015(104): 295-312.
- [6] 保罗·西蒙,兹埃丽卡·克雷默-姆布拉,安德烈·霍瓦特,等.大科学与创新[M].北京:科学出版社,2016.
- [7] 中国科学院综合计划局,基础科学局.我国大科学装置发展战略研究和政策建议[J].中国科学基金,2004(3): 166-171.
- [8] 董佳敏,刘人境,张光军.大科学工程组织管理模式对比分析及对我国的启示[J].科技管理研究,2016(16): 183-188.
- [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(10): 23-28.

(下转第64页)

[21] 中国日报. 教育部留学服务中心: 八成留学回国
就业人员为硕士研究生 [EB/OL]. (2017-03-05)
[2018-07-06]. [http://cn.chinadaily.com.cn/2017-03/05/
content_28439387.htm](http://cn.chinadaily.com.cn/2017-03/05/content_28439387.htm).

[22] JSPS. 21st Century COE Program: Program effects
[EB/OL]. [2018-07-06]. [http://www.jsps.go.jp/english/
e-21coe/06.html](http://www.jsps.go.jp/english/e-21coe/06.html).

Enlightenment and Reference of "Japanese Nobel Prize Plan": from the Comparative Perspective of China and Japan

SU Nan, CHEN Zhi, WANG Hong-guang

(Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038)

Abstract: China is at the critical stage of building the world power of science and technology. Historically, there is a phenomenon that during the rise of the world power of science and technology, such as Germany and the United States, the number of Nobel Prize winners has increased rapidly. In the 21st century, the number of Japanese Nobel Prize winners has also shown a blowout growth. This paper studies the conditions for "Japanese Nobel Prize Plan", makes a comparative analysis of situations of the proposal year of the plan in Japan and status quo China, and puts forward suggestions for China's cultivation of Nobel Prize level achievements and top talents.

Key words: Japan; Nobel Prize; Japanese Nobel Prize Plan; the world power of science and technology; large-scale science and technology infrastructure

(上接第46页)

Evaluation on the Operation Management Performance of Large Scale Scientific Infrastructures: Taking Synchrotron Radiation Light Source as Example

GAO Yuan-ying^{1,2}, QIAO Li-li², CHEN Rui¹

(1. National Academy of Innovation Strategy, China Association for Science and Technology, Beijing 100012;

2. Institute of Science and Technology Policy and Management Science,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

Abstract: Taking the domestic and foreign typical synchrotron radiation light source facilities for example, this paper collects the case facilities operation data of 2010 to 2016, chooses relevant indicators to quantify the operation performance, further analyses the operation situation of SSRF, and puts forward some policy recommendations for better operation management of large scale scientific infrastructures in China.

Key words: large scale scientific infrastructure; synchrotron radiation light source; management performance evaluation