

doi: 10.3969/j.issn.1000-7695.2018.12.009

# 国外科技基础设施科技政策特点和制定流程分析

梁田, 杨志萍, 史继强

(中国科学院成都文献情报中心, 四川成都 610041)

**摘要:** 为探索如何最大限度地发挥战略规划的效用, 通过分析国外科技基础设施战略规划在编制目的、范围和过程方面所表现出的特点与不足之处, 对我国重大科技基础设施战略规划的制定提出思考和建议。

**关键词:** 科技基础设施; 科技政策; 决策特点; 决策流程

中图分类号: F204; G301

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695 (2018) 12-0052-07

## Analysis of Characteristics and Making Process of Policies on Foreign Research Infrastructures

Liang Tian, Yang Zhiping, Shi Jiqiang

(Chengdu Documentation and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** In order to maximize the benefit of strategic planning, this paper analyzes the drawbacks of strategic planning about research infrastructures in foreign countries, and proposes some suggestions for improving Chinese research infrastructures policy making.

**Key words:** research infrastructures; science policy; policy characteristics; decision making process

### 1 研究背景

近年来, 各国进一步认识到大型科学技术研究设施在国家创新能力中的重要地位, 纷纷制定雄心勃勃的发展政策。由于决策层在制定具体规划、资金和实施的决策时, 需要统筹考虑科学发展、国际背景和社会经济发展等方面的优先事项和要求, 因此越来越多地利用战略性的长期规划来辅助决策过程, 由此得到的政策性文件通常被称为重大科技基础设施“战略规划”或“路线图”。

国外重大科技基础设施战略规划的编制工作虽然已开展多年, 但是仍受到各种评估方法的挑战和制约, 在应对科学新挑战、评估不同规模设施等方面仍存在一些基本问题尚未解决。目前, 国内在该领域的现有研究多针对建成项目的管理及评价进行研究<sup>[1-3]</sup>, 对于政策制定过程多从经验介绍角度进行阐述<sup>[4-5]</sup>, 缺乏对国外大型科技设施政策特点及制定过程的分析比较研究。

基于以上分析, 为了探索如何最大限度地发挥战略规划的效用, 本文对近年来国外发布的重大科技基础设施战略规划进行分析研究, 通过分析国外

重大科技基础设施战略规划在编制目的、范围和过程方面所表现出的特点与不足之处, 为我国重大科技基础设施战略规划编制工作提出思考和建议。

### 2 国外重大科技基础设施战略规划的特点

#### 2.1 重大科技基础设施战略规划的多样性

通过对国外重大科技基础设施战略规划(以下简称战略规划)进行分析和研究, 可以发现它们在4个方面表现出广泛的多样性。

##### 2.1.1 编制目的

国外战略规划虽然都会提出若干科学目标, 例如在研究领域保持领先, 加强战略思维、问责制和跨学科性, 更好地利用稀缺资源等, 但是其编制目的却往往无法从战略规划的文字阅读中直接获得。从广义上来说, 战略规划的编制过程反映了追求公平、公正、公开的推进决策过程的愿望。为了避免单独审议方式可能会受到具有强烈动机性的个人或游说团体影响的缺点<sup>[6-7]</sup>, 国外战略规划的编制目的存在较大的不同之处: 有的战略规划旨在促进对未来大型项目进行一般性辩论的“愿景声明”<sup>[8]</sup>; 有的战略规划则会深入解释具体的规划细节, 并作

收稿日期: 2017-09-12, 修回日期: 2017-12-01

出措辞严谨的、可以确定影响重大科技基础设施命运的评估意见<sup>[9-10]</sup>; 还有的战略规划甚至可以视为实际获得资金的项目清单, 并按照所述进行实施<sup>[11-12]</sup>; 更多的战略规划反映的是科学界与决策层或资助机构达成的共识<sup>[13-15]</sup>。

2.1.2 学科范围

一般来说, 战略规划会涉及许多不同学科领域, 如欧洲研究基础设施战略论坛 (European Strategy Forum on Research Infrastructures, ESFRI) 的战略规划是这类战略规划最典型的例子。ESFRI 在其战略规划中, 对能源、环境、健康和食品、物理科学和工程、社会和文化创新五大学科领域中将要重点支持建设的项目进行了阐述, 这些不同类型的重大科技基础设施的共同点是, 它们对科学的重要性和泛欧洲相关性。另一方面, 战略规划的学科范围会受到委托方的影响, 在这种情况下, 重大科技基础设施战略规划往往只针对单一科学领域或一个重要的研究问题进行研究, 例如欧洲核子研究组织 (European Organization for Nuclear Research, CERN) 编制的欧洲粒子物理领域战略规划和美国能源部高能物理顾问小组发布的主要高能物理设施战略规划是这类战略规划的典型代表<sup>[16-17]</sup>。

2.1.3 有效范围

一般来说, 国家资助机构的管理范围是有效实施战略规划的最小范围。常见的国家级战略规划是在国家层面进行战略布局, 而欧盟、欧洲科学基金会及类似 ESFRI 的实体组织所编制的一系列战略规划, 则是从国家集群层面对地区内未来若干年设施建设进行整体规划<sup>[8, 11, 18]</sup>。这些战略规划, 有的会

从侧面反映出难于协调国家各级部门或机构之间的合作, 以及协调国家行政区之间大量投资的困惑; 有的则会表达出愿意在国际化进程中获得更好的国家决策定位, 以及在促进国家区域经济发展的同时保持区域间良好平衡等意愿。总体来看, 现有的战略规划的有效范围大致可分为四类: 一是从区域或国家集群层面对未来若干年设施建设的整体规划, 如 ESFRI 在 2006 年发布了第一版《欧洲研究基础设施战略论坛路线图》, 在经过 2008 年和 2010 年的两次更新后, 第二版于 2016 年发布; 二是国家层面的战略规划, 如英国研究理事会发布的《大型设施路线图》和美国自然科学基金会发布的《大科学装置 2008》等; 三是某个部门或研究机构的设施路线图, 如美国能源部 2003 年发布的《未来的科学装置——二十年前瞻》, 部署了未来 20 年中的 28 个项目, 并在 2007 年进行了更新; 四是某一领域的设施规划报告, 如美国布鲁克海文国家实验室发布的《2015 国家同步辐射光源 NSLS II 战略规划》和美国能源部高能物理顾问小组发布的《主要高能物理装置 2014—2024》等。

图 1 展示了国际上部分重大科技基础设施战略规划所涵盖的有效范围与学科范围之间的多样性和相关性。从一定程度上来说, 虽然 OECD 所发布的关于中子源、中微子观测站、结构基因组学、核物理学、质子加速器、高功率激光、高能物理学和天文学等领域的发展报告, 能够对全球范围的战略规划提供指引, 但是由于缺乏全球规模的资助机构对重大科技基础设施制定战略规划, 因此图 1 中最右侧仍是空白的。

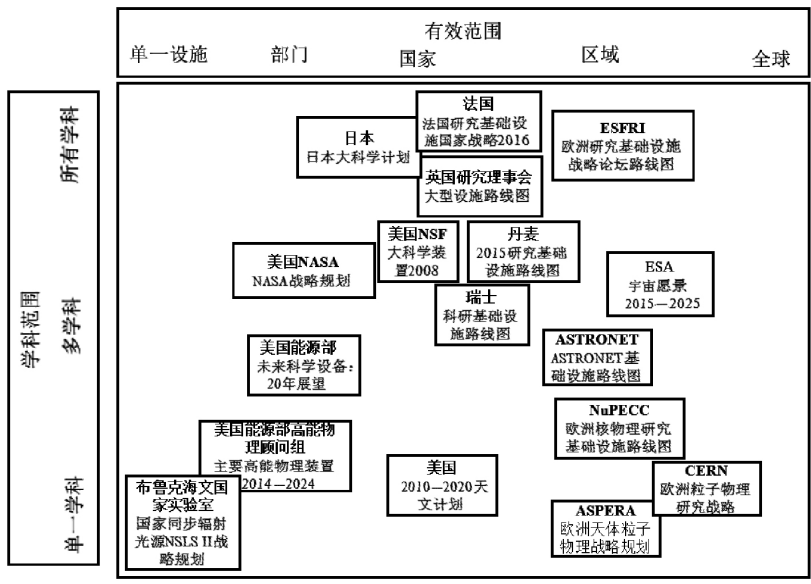


图 1 国际战略规划在有效范围和学科范围表现出的多样性特点

#### 2.1.4 时间范围

部分战略规划有着非常明确的前瞻规划时间范围,例如美国能源部的《未来的科学装置——二十年前瞻》,对未来20年中的28个项目进行了前瞻部署;然而,在大多数战略规划内,时间范围只是模糊地指定,或者根本没有,例如核物理欧盟合作委员会<sup>[19]</sup>发布的《欧洲核物理研究基础设施路线图》;另外,还有部分战略规划则规定了定期更新时间,如ESFRI的战略规划。

#### 2.2 重大科技基础设施战略规划产生影响的多样性

一般来说,战略规划的重要性体现在最终成果文件、列举的设施,以及相关的分析和信息(科学案例、成本估算、研发需求等)之中,然而,通过对战略规划的分析还可以发现,这些战略规划及其制定过程对科学界和决策层所产生的一些更广泛的影响,具体体现在:

(1) 战略规划的提出会强烈吸引特定设施的支持者的注意力和热情,并促使其提出最强烈的申请意愿。这个过程如果能够同时与国家与国际层面进行良好的合作,往往可以产生出更符合未来需求的提案和创新思维。

(2) 通过战略规划的项目审查过程能够促使项目申请人寻找所有可能的合作伙伴,进而促进科研合作。这对于那些服务于多个学科领域的重大科技基础设施来说,项目申请人甚至可以从完全不同的领域中寻找合作伙伴。

(3) 开展重大科技基础设施战略规划除了能够推动重大科技基础设施项目发展以外,至少还能够在全国范围内促使整个科学界对其所处地位、发展方向、发展前景以及发展要求进行战略层面的思考。如果没有战略规划提供的外部刺激,科学研究机构很难自发开展这种内省式的思考。

(4) 对新兴学科领域和跨学科领域而言,由于决策层不熟悉这些领域的未来发展需求,因此在这些领域中对重大科技基础设施进行前瞻性战略思考是非常有价值的,特别是在尚未完全建立行政管理机构和资助基金的新兴学科领域中,对重大科技基础设施进行前瞻性战略思考显得更为有价值。对于大多数新建重大科技基础设施而言,战略规划的制定过程能够把大量来自不同领域的用户集合起来,共同为传统的国家规划中可能不会出现的研究设施制定发展方案。

对于科技政策制定者来说,通过制定战略规划,既能够重新审视和选择未来的发展道路,更能够与国内外其他机构开展科技合作。在国家层面参与制

定区域或全球性战略规划,能够促使国家以此为目标进行发展,特别对于发展中国家和小国家而言,区域或全球性长期战略规划既能够为政府和科学家提供参与国际科学合作的机遇,同时也带来了巨大的挑战。一方面,通过区域或全球性战略规划,能够使决策层根据国家要求来决定哪些项目需要采用伙伴关系进行,能够使他们有机会参与到自己无法独立实施的项目决策之中<sup>[20]</sup>;另一方面,也会使国家科技决策层受到部分合作协议的限制,迫使他们与合作国家作出共同一致的科技发展政策和决定。因此,在决定如何准备战略规划时,应当考虑以上因素。

编制战略规划,能够针对一些虽然不具备科学本质、有时会被常规科学决策过程忽略,但是却能够促使研究计划长期保持旺盛生命力的关键条件进行系统审查。这些关键条件包括:

(1) 研究资源的供求关系。虽然为科学界在质量和数量上提供与其规模相匹配的科学研究资源非常重要,但是这种供求平衡却不是绝对的,例如,虽然使用大型望远镜或基本粒子探测器等大型科学装置的科学家数量相对较少,但是如果缺乏高端仪器的支撑,就会使这些领域的研究工作无法开展,进而引起一系列严重的问题。

(2) 从绝对数量和相对数量两个方面比较研究力量的大小。决策层为了制定出相对平衡的科学研究发展框架,需要学科领域的一系列统计信息作为支撑,如特定的基础和应用研究领域(如天文学、物理学、分子生物学、航空工程)中公共投资总额、发展规模等信息,因此战略规划中应该包含这部分内容。

(3) 获得重大科技基础设施实验条件的能力。由于重大科技基础设施的开放政策有较大差异,即使访问申请的筛选标准完全是基于研究价值(即不依赖于提出申请的科学家是否隶属于该设施,或是否来自提供资金的国家或机构),都存在着各种各样的隐性条件和要求,这会使研究人员获得同等实验条件的能力有很大的不同,通过制定战略规划,可以进一步阐明开放政策,使研究人员能够平等地使用最好的科研工具。此外,如果战略规划包含了开放获取和共享的相关描述,那么战略规划还能够有效推动科研成果的广泛传播和利用。

(4) 青年人才问题。所有的科研机构都需要吸引和留住有才华的年轻科学家,才能不断促进自身的可持续发展,重大科技基础设施同样对年轻科学家有着持续的需求,通过促进他们的培训和发展,

能够提高机构的学术排名, 因此, 重大科技基础设施在培养新一代科学家方面的作用以及促进他们科学职业生涯发展的相关内容, 都应该是制定战略规划时应该考虑的议题。

(5) 与企业界的合作。在重大科技基础设施的建设和利用过程中, 往往需要解决若干重大技术挑战, 需要发展新型技术或把已有技术提高到新的水平, 并能够产生具有商业潜力的工业产品, 因此工业界通过参与重大科技基础设施战略规划的制定过程, 不仅帮助对拟议项目进行更可靠的成本预测<sup>[21]</sup>, 更能确定技术转移转化的商业契机<sup>[7]</sup>, 产生具有高度创新潜力的发明, 并孵化若干初创企业。

### 3 国外重大科技基础设施战略规划的编制流程

#### 3.1 组建战略规划工作组并制定工作流程

图 2 展示了国外重大科技基础设施战略规划的策划和编制流程。

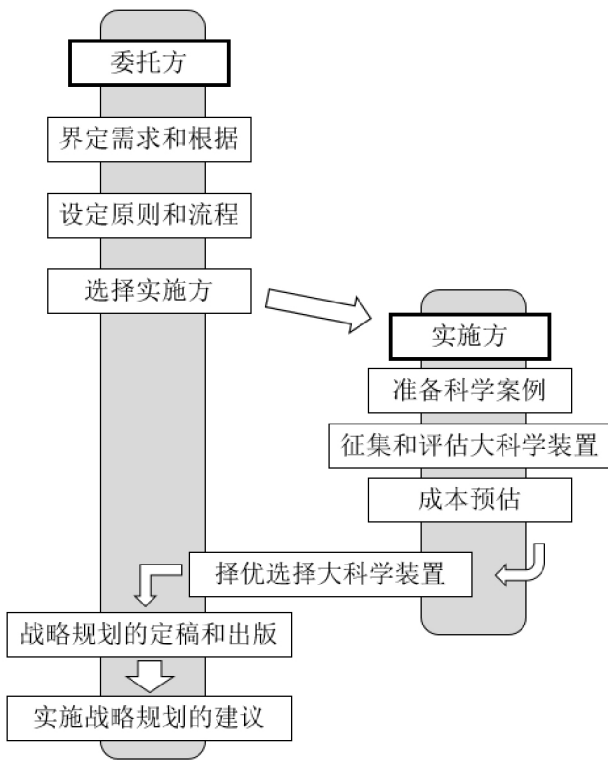


图 2 国际重大科技基础设施战略规划的策划和编制流程

一般说来, 国外研究机构在进行重大科技基础设施战略规划时, 会在组成战略规划工作组时明确科学界和政府机构 (特别是资助机构) 在战略规划策划和编制过程中发挥的作用。科学界常常采用一系列科学案例来论述最紧迫的研究问题, 并确定相应的需要优先发展的重大科技基础设施。通常, 战略规划工作组会组织广泛的“自下而上”的磋商,

但这往往会让战略规划编制人员难以在竞争项目之间作出选择。政府机构人员则将政治、社会和经济运行中需要高度重视的非科学问题引入战略规划, 这些政策性问题的包括: (1) 可持续发展, 包括国家能力建设、环境保护、能源安全等政治和社会目标; (2) 国家或区域发展目标, 包括现有研究设施 (如大型实验室或研究中心) 的发展和潜在重新定位的可能性; (3) 与创新、经济竞争力、技术开发和新增就业岗位等内容相关的要求。欧洲重大科技基础设施项目的主要征集方式如表 1 所示<sup>[22]</sup>。

表 1 欧洲重大科技基础设施项目征集方式

方式	国家
公开征集	荷兰、挪威、西班牙
针对特定学科	比利时、斯洛文尼亚
国家战略	法国
混合方式	英国、德国、丹麦、捷克、爱沙尼亚、芬兰、爱尔兰、立陶宛、波兰、葡萄牙、瑞典

政府资助机构通常作为委托方启动重大科技基础设施战略规划工作, 提供包括重大科技基础设施建设目标和专项资金等基础条件, 并列需要遵循的程序和 timetable。在多数情况下, 政府资助机构会选择在科学界有很高声望和权威, 同时有很强的政治能力和人脉关系的研究机构或团体承担战略规划的具体编制工作, 因此, 战略规划的实施方既可能是国家科学院或其他已建立的高级科学实体 (如科学理事会等), 也可能是一个学科咨询机构, 更可能是一个在某一领域非常著名的科学顾问组。

公正客观是实施方应当具备的重要条件。如果战略规划制定工作的实施方只代表某一特定学科领域, 则难以制定出令人满意的战略规划, 因此, 战略规划制定工作的委托方不仅会通过事先规定较为宽泛的学科范围, 以便使更多学科团体能够参与到这项工作中来, 还会事先将优先发展领域筛选、多种选择性等要求作为战略规划制定过程的一部分。

需要注意的是, 当资助机构同时也是研究机构时, 委托方和实施方可能均由同一个实体机构担任; 此外, 有时非政府科学组织 (如核物理欧共体委员会) 会在没有政府授权的情况下自行制定战略发展规划。在以上两种情况下, 战略规划制定工作的组织者需要在确保工作成果具有科学可信性的基础上, 密切联系各类国家及国际政策。

#### 3.2 准备科学案例

由于战略规划是政策层面的文件, 因此在撰写科学案例的科学背景和科学需求时, 常用的方法是通过枚举若干“大问题”, 然后将其映射到可用于

寻找答案的一组重大科技基础设施中; 当战略规划中列举的若干设施在学科和技术领域都互不重叠时, 每个建议的设施都再需要自己的子域内进行评估, 这往往需要制定多个版本的科学案例。虽然这个过程非常耗时, 但是通过构建科学案例的过程(例如举行会议、修改报告、探讨拟议设施与优先发展的学科领域之间的联系、战略性地思考学科领域及其与其他领域的联系)有助于增强科学界的凝聚力, 特别是在评估新领域时(如跨学科领域), 这个过程可以汇集各领域的研究人员, 使科学案例能够赢得科学界的广泛认可。

### 3.3 预估重大科技基础设施成本

由于目前预估重大科技基础设施成本还存在一些困难, 因此不同的战略规划会采用不同的方式来处理该问题。有的战略规划会故意省略这部分内容; 有的战略规划则会对建设、调试、运行和退役费用进行详细的计算。例如, ESFRI 的战略规划会对研究基础设施生命周期的各个阶段进行成本评估, 包括从提出项目建议书到实施、再到运行、直至最终退役的各个时期。以运营成本为例, ESFRI 认为传统的单一设施的运营成本取决于能源消耗和对人力的依赖程度, 通常占每年初始投资的 8% ~ 12% 左右<sup>[11]</sup>, 在单一设施进行主要升级之前, 通常可以运行 20 年, 而移动式设施(例如船只)、分布式设施和信息基础设施的运营成本通常更高, 其中分布式设施的运营成本包括与中央枢纽相关的运营成本以及形成分布式设施节点的增量成本; 由于运算能力、能源效率和市场供给的快速提高, 计算、数据存储和网络设备以及软件等设施的升级周期要短得多。

### 3.4 择优选择重大科技基础设施

对于战略规划实施方来说, 最为敏感的工作是对纳入战略规划的重大科技基础设施进行最终筛选。这是因为提交筛选审议的过程和规则对科学家来说是一个特别敏感的问题, 科学家的自然倾向是“自下而上”的公开征集意见过程; 此外, 重大科技基础设施的最终确定会涉及资金、选址、人员配置、国际协议谈判等诸多复杂问题, 必然会超出战略规划工作组的工作范围。为此, 战略规划工作组在广泛听取各领域科学家的意见和建议的基础上, 一般会将会等机构纳入到最终决定的审议工作中。具体形式主要包括(但不限于)以下几个方面:

(1) 召开领域公开会议, 使著名科学家们可以公开提出意见和建议。

(2) 将中期报告等中间结果向社会公开, 以征求意见。

(3) 制定评估重大科技基础设施的具体标准。

(4) 战略规划工作组向决策层最终提交的是一组重大科技基础设施名单, 而不是简单地确定或评估最终的设施。

虽然有一些战略规划工作组会明确禁止对重大科技基础设施进行优先级排序, 但是确定优先发展方向或领域仍是一个重要议题。美国能源部的做法是: 通过内部机构间咨询, 选择有限的拟定项目; 征求专家顾问组的意见, 从科学重要性和实施准备情况两方面对项目进行分类; 由高级官员对分为近期优先发展项目、中期优先发展和长期优先发展项目的三类项目进行选择, 并在每个类别中进一步确定优先级及相互关系。欧盟 ESFRI 的做法是: 由政府指定的委员会从提交的建议项目中, 先对若干学科领域(包括社会科学和人文科学)的重大科技基础设施进行筛选, 委员会在筛选过程中成立了若干专题工作组, ESFRI 最终选定的重大科技基础设施没有优先顺序。

### 3.5 战略规划的更新

虽然有些战略规划是一次性的, 但是大多数战略规划仍会进行连续性更新发布。一次性的战略规划通常会包含对今后重复或更新这类战略规划时的意见和建议。连续性战略规划以美国国家研究委员会<sup>[23]</sup>的“十年天文学调查”为代表, 这类战略规划的制定过程允许在随后的时间里开发和改进方法, 能够不断积累经验和知识。由于英国研究理事会和美国能源部的部分战略规划观点随着时间的推移发生了一些变化, 因此值得特别关注。

## 4 启示与建议

### 4.1 启示

重大科技基础设施战略规划是一项战略性、长期性、政策相关的规划工作, 通过对国外成功的战略规划进行分析和研究, 我们发现, 这项工作不仅是一项资源密集型的任务, 还会受到各种评估方法的挑战和制约, 即使在西方发达国家, 当前战略规划的编制仍存在一些基本问题尚未解决。

#### 4.1.1 忽视中小型或紧凑型项目

虽然中小型或紧凑型项目的价值已经得到了专家的广泛认可, 并在全球各类报告中一再强调其重要性<sup>[22-24]</sup>, 但是根据战略规划的定义, 其编制对象将重点关注大型设施, 这可能会导致对中小型或紧凑型项目的忽视。目前, 欧美国家已经逐步意识到这一问题, 并通过各种渠道作出了相应的部署并取得了重要的研究进展, 如获得了紧凑型加速器的实

验装置和原型系统。如果在战略规划中没有考虑到这一点,则可能导致学科领域及其对未来需求的扭曲,这对那些至关重要,但对重大科技基础设施需求有限的研究领域(例如生物和环境科学)的影响较大。

#### 4.1.2 缺乏应对科学新挑战的灵活性

目前,国外对战略规划提出的最多的批评是,它们无法准确地解释科学发现的本质和步伐<sup>[6 25]</sup>。大型多年期项目的科学成果往往是在首次出现于战略规划中若干年后才开始出现<sup>[26]</sup>。这时,其主要的科学目标(例如,检测基本粒子或精确测量宇宙参数)可能不再是令人感兴趣的内容,而通过回顾重要科学发现的研究历程我们可以发现,使用大型科学仪器产生的最重要发现往往是原始科学案例中没有提及(或预见的)内容。因此,在评估重大科技基础设施时,应特别考虑那些可能开辟新“发现空间”的装置,例如在空间、时间、光谱等方面具有更高灵敏度和分辨率的设施,可以预期会产生令人兴奋的偶然发现。即使政府部门不大可能接受仅依靠偶然性的科学案例,但拟议重大科技基础设施的“偶然性潜力”依然应该纳入科学案例之中。

#### 4.1.3 缺乏对不同规模设施进行评价的方法

当需要评估的重大科技基础设施在大小和类型方面较为接近时,目前的评价方法已经能够较为顺利地辅助战略规划编制过程,但是,由于现有的评估方法无法对不同规模和成本的项目进行准确评估<sup>[27-29]</sup>,因此在对各重大科技基础设施发展优先顺序的确定方面显得尤为困难。因此,国外的评估过程通常需要包含隐含的设施规模大小或成本比较。

#### 4.1.4 缺乏对现有设施的继续发展规划

从国家或地区层面来说,由于新的重大科技基础设施往往能够进行更精确的测量或更大规模的计算,因此能够在科学界吸引更多的注意力和热情,所以目前的战略规划通常侧重于新建设施,只有很少的战略规划会涉及现有设施所面临的困难和问题,更较少讨论现有设施是通过升级来满足未来需求以继续经营,还是彻底关闭以释放经费和人力资源等问题。

### 4.2 建议

我国战略规划起步相对较晚,尚未形成健全的制定程序和章程,在借鉴国外成功经验的同时,需要结合我国国情进一步发挥路线图在设施规划中的作用。

#### 4.2.1 将非科学因素纳入考量范围

在许多情况下,战略规划会同时纳入科学和非

科学的考虑因素。由于非科学因素通常反映国家优先发展事项,它们可能比纯科学因素更复杂,且科学家对此并不熟悉,因此值得特别注意。非科学因素可能涉及经济发展、工业创新、教育和劳动力、区域或国际政治一体化、国家安全等问题,为了避免潜在的纠纷和争议,从一开始就清楚明确地描述特定战略规划可能存在的各类问题是非常重要的。

#### 4.2.2 透明而严谨的战略规划编制流程

战略规划制定工作的委托方和实施方应该尽可能最大可能地公布并提供关于制定过程的政策背景和动机、筛选过程的理由和细节、评估和优先发展领域设置标准、成本估算规则、关键人物的作用以及使用战略规划成果的注意事项等内容。

#### 4.2.3 科学界应为战略规划准备充足的时间和资源

国外经验表明,适当设计的战略规划制定活动不仅可以促进科学界对未来发展目标和要求进行战略性思考,而且有利于在学科领域内达成发展共识,促进国际合作,加强应对复杂科学挑战的跨学科方法。为了实现这个目标,科学界不仅应该尽早参与到战略规划的制定工作中,还应该为参与战略规划制定准备充足的时间和资源。

#### 4.2.4 将战略规划的准备工作和最终决定进行明确区分和分离

科学界虽然能够与政府高级战略管理人员一起制定出一个共识性的战略规划,但是科学界应该认识到,最终决定(包括关于资金、管理、国际协议、选址等决定)具有不同的性质,在许多情况下最终决定会涉及复杂的考量因素,需要科学界与各方面利益相关机构(如非科学部委,各级地方和国家政府机关,国际组织等)进行敏感和冗长的互动讨论。

#### 参考文献:

- [1] 陈力,刘笑,陈强. 社会资本参与重大公共科技基础设施建设面临的问题及对策: 来自国外科技领域公私合作的经验与启示 [J]. 中国软科学, 2017 (6): 14-20.
- [2] 段福兴,李平,黎艳. 我国科技基础设施的指标构建及评价研究 [J]. 华东经济管理, 2015 (7): 71-76.
- [3] 赵伟,彭洁,黄鼎成,等. 国家科技基础设施运行绩效评价指标体系的构建 [J]. 科技进步与对策, 2007 (10): 131-134.
- [4] 程如烟. 欧盟2016年研究基础设施路线图的组织管理及启示 [J]. 世界科技研究与发展, 2017 (1): 3-7.
- [5] 陈娟,罗小安,樊潇潇,等. 欧洲研究基础设施路线图的制定及启示 [J]. 中国科学院院刊, 2013 (3): 386-393.
- [6] HOUSE OF LORDS SCIENCE AND TECHNOLOGY SELECT COMMITTEE. Scientific infrastructure oral and written evidence [R]. London: House of Lords, 2013: 226.
- [7] ESFRI WORKING GROUP ON INNOVATION. Report to ESFRI [R]. Brussels: Esfri, 2016: 4.

- [8] SOUTHWOOD D. Cosmic vision: space science for Europe 2015 – 2025 [J]. ESA Erochure , 2015 , BR –247: 1 –111
- [9] GERMAN FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH. Roadmap for research infrastructures [R]. Bonn: German Federal Ministry of Education and Research , 2013: 6.
- [10] RESEARCH COUNCILS UK. Large facilities roadmap 2010 [R]. London: Research Councils UK , 2010: 12.
- [11] ESFRI. Strategy report on research infrastructures roadmap 2016 [R]. Brussels: Esfri , 2016: 32.
- [12] SCIENCE COUNCIL OF JAPAN COMMITTEE FOR SCIENTIFIC COMMUNITY. Japanese master plan of large research projects [R]. Tokyo: Science Council of Japan , 2010: 6 –25.
- [13] DOE. Facilities for the future of science: a twenty – year outlook [R]. Washington , DC: Office of Science , 2007: 5 –6.
- [14] MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. Stratégie nationale des infrastructures de recherché edition 2016 [R]. Paris: Ministère De L'Éducation Nationale De L'Enseignement Supérieur De La Recherche , 2016: 3.
- [15] MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENCE. Danish roadmap for research infrastructures 2015 [R]. Copenhagen: Danish Agency for Science , Technology and Innovation , 2015: 7.
- [16] AKESSON T , PEACH K. European strategy for particle physics [R]. Geneva: CERN Council , 2006: 4 –5.
- [17] PATTERSON R , WHITE A , TSCHIRHART R. Major high energy physics facilities 2014 –2024: input to the prioritization of proposed scientific user facilities for the Office of Science [R]. Washington , DC: DOE , 2013: 2.
- [18] PLAN S , ASTRONOMY E. The Astronet infrastructure roadmap [M]. Brussels: Astronet , 2008: 7 –11.
- [19] NUCLEAR PHYSICS EUROPEAN COLLABORATION COMMITTEE. Roadmap for construction of nuclear physics research infrastructures in Europe [R]. Milano: Nuclear Physics European Collaboration Committee , 2005: 1 –4.
- [20] HALLONSTEN O , BENNER M. Why large research infrastructures can be built despite small investments? [R]. Lund: Lund University , 2008: 3.
- [21] UK TRADE & INVESTMENT. Business opportunities from large research facilities [R]. London: UK Trade & Investment , 2012: 22.
- [22] MAESSEN K , KRUPAVICIUS A , MIGUEIS R. Strategic priorities , funding and pan – European co – operation for research infrastructures in Europe [R]. Brussels: Science Europe Working Group on Research Infrastructures , 2016: 13.
- [23] COMMITTEE FOR A DECADAL SURVEY OF ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS. New worlds , new horizons in astronomy and astrophysics [M]. Washington DC: National Research Council , 2010: 1.
- [24] CHABBI A , LOESCHER H W , MARI R T , et al. Integrated experimental research infrastructures: a paradigm shift to face an uncertain world and innovate for societal benefit [M]. Boca Raton: CRC Press , 2017: 5.
- [25] RIBES D , POLK J B. Flexibility relative to what? Change to research infrastructure [J]. Journal of the Association for Information Systems , 2014 , 15 ( 5 ) : 287 –305.
- [26] MAYERNIK M S , HART D L , MAULL K E , et al. Assessing and tracing the outcomes and impact of research infrastructures [J]. Journal of the Association for Information Science and Technology , 2017 , 68 ( 6 ) : 1341 –1359.
- [27] DEL C F , FLORIO M , FORTE S. The social impact of research infrastructures at the frontier of science and technology: the case of particle accelerators editorial introduction [J]. Technological Forecasting and Social Change , 2016 , 112: 1 –3.
- [28] SCHOPPER H. Some remarks concerning the cost/benefit analysis applied to LHC at CERN [J]. Technological Forecasting and Social Change , 2016 ( 112 ) : 54 –64.
- [29] FLORIO M , SIRTORI E. Social benefits and costs of large scale research infrastructures [J]. Technological Forecasting and Social Change , 2016 ( 112 ) : 65 –78.

作者简介: 梁田 (1982—), 男, 四川成都人, 博士, 馆员, 主要研究方向为学科情报分析; 杨志萍 (1967—), 女, 四川成都人, 副主任, 研究馆员, 主要研究方向为战略情报分析; 史继强 (1991—), 男, 辽宁抚顺人, 馆员, 主要研究方向为学科情报分析。