

法国全面更新大型研究基础设施的发展路线图

董 琳

(中国国际核聚变能源计划执行中心, 北京 100862)

摘 要: 本文介绍了法国通过发布和更新大型研究基础设施发展路线图来保障相关设施的顺利发展, 在各学科领域发展研究基础设施的情况, 并结合我国“十三五”计划提出的发展战略战略性新兴产业、继续加强基础研究和重大科学工程等内容, 提出了我国今后发展新兴热点产业, 加强和法国基础研究之间的科技合作、人才交流等方面的政策建议。

关键词: 法国; 研究基础设施; 法国国家科研中心; 欧洲研究基础设施战略

中图分类号: G327.565 **文献标识码:** A **DOI:** 110.3772/j.issn.1009-8623.2016.10.006

为持续推进各学科的均衡发展, 法国建造了众多大型研究基础设施, 并在 2008 年对其所有的大型研究基础设施发展情况进行了统计, 制定了法国历史上第一个大型“研究基础设施发展路线图”^[1]。在此基础之上, 法国每四年对该路线图进行一次更新, 2012 年^[2]和 2016 年已经更新过两次, 2016 年的最近一次更新共收录了 95 项研究基础设施, 这次更新后的发展路线图和前两个版本相比, 无论从范围还是内容上都有较大的变化。本文将重点介绍法国 2016 年大型“研究基础设施发展路线图”^[3], 以把握法国科技的战略发展方向, 供我国参考。

1 2016 版“研究基础设施发展路线图”的概况

2012 年大型“研究基础设施发展路线图”关注的主要是传统的单体研究基础设施, 受到新的通信技术以及研究方式的影响, 2016 年更新之后收录的研究基础设施不仅限于单体研究基础设施。在法国 2016 年版“研究基础设施发展路线图”中, 研究基础设施根据其分布形式和存在方式被扩充到以下四类:

(1) 单体研究基础设施: 根据科研计划的要求, 在某一地点建造的大型研究基础设施。

(2) 分布式研究基础设施: 包括研究集群、分布式站点或研究平台、联合研究体、科学档案和图书馆等形式。

(3) 非实体研究设施: 包括虚拟科研基础设施、数据库等。

(4) 人才网络: 基于人才网络的资源, 包括合作伙伴、专家等。

另外, 根据研究基础设施建设和参与方以及资金来源的不同, 法国的研究基础设施可以分为四类, 这和 2012 年版本的分类基本相同, 包括:

(1) 国际组织 (O.I.) 的研究基础设施

此类国际组织通常是基于多个政府间具有法律效应的协议或协定而成立。各成员方为了共同的研究目标制定该组织的规章制度、管理模式, 以及各成员方应尽的义务等条款。各成员方共同推选出合适的领导者, 管理该国际组织及研究设施的运行。

(2) 大型研究基础设施 (T.G.I.R)

这类设施通常具有战略性意义, 得到法国《财政法组织法》和法国国家教育、高等教育暨研究部 (MENESR, 以下简称教研部) 的专款支持。入选大型研究基础设施的条件是以开展与国际和欧洲的科技合作为目的, 特别要与“欧洲研究基础

作者简介: 董琳 (1980—), 男, 副研究员, 主要研究方向为材料学、核聚变物理学、法国科技政策。

收稿日期: 2016-07-03

设施战略”(ESFRI)^[4]保持一致,或者是在法国“工业与创新合作网络”战略中占据重要位置。

(3) 普通研究基础设施 (I.R.)

这类设施通常是根据研究机构的需求而建造。通常由五大研究联盟之中的至少一个成员单位提出申请而建造,或者由法国政府“未来投资计划”支持的“卓越装备”项目支持而建造。

(4) 计划中的研究基础设施

正在建设或者已经取得了一定的进展,但尚未被正式确认,属于“大型研究基础设施”或“普通研究基础设施”的项目。此类项目将在今后的路线图中得到进一步确认。

2 2016版“研究基础设施发展路线图”的学科部署

2012年的版本把所有研究基础设施分为8类^[5],而2016年更新后的“研究基础设施发展路线图”按照学科专业不同,将所有“研究基础设施”分为人文与社会科学、地球系统与环境科学、能源、生物与医学、材料科学与工程、天文与天体物理学、核物理与高能物理、数字化科技与数学、科学技术文献9个类别(部分研究基础设施同时属于两个不同类别)。根据最新统计,法国共有95个研究基础设施项目,其中国际组织的研究基础设施5个,大型研究基础设施20个,普通研究基础设施61个,

计划中的研究基础设施9个。新的划分方式反映了法国未来四年科技发展的主要方向,各专业方向研究基础设施的具体情况如下。

2.1 人文与社会科学

随着大数据以及信息处理技术的发展,人文与社会科学的研究也突破了传统的方式,现在的研究需要依赖于创建大型数据库,发展交叉学科,并充分利用全球信息资源。基于新的形势,人文与社会科学的研究对其数据平台和工作网络等研究基础设施提出了更高的要求,诸如能够提供数字文本、静态图像和动画等数字资源,能够方便地对非数字资源进行数字化转化,能够进行网络发布及在线协作,能够从公开文献、科研报告和调查数据中分析、生成和比较海量数据,能够确保研究基础设施的合理部署,能够促进交叉学科之间的竞争等。

根据以上人文与社会科学的需求,2016版“研究基础设施发展路线图”明确了发展五项研究基础设施(见表1)。

2.2 地球系统与环境科学

地球系统与环境科学的研究基础设施主要用于探索发生在地球深处的现象以及地球和环境之间的关系,由这些研究基础设施得到的数据需要能够被用于研究,以实现以下目标:能够用于理解、模拟和描述气候的变化、生物的多样性和自然资源;能够用于跟踪污染及其影响;能够为政府决策提供

表1 法国“人文与社会科学”研究基础设施^[3]

类别	设施简称	设施全称	是否属于及属于哪项《欧洲研究基础设施战略》
大型研究基础设施	Huma-Num Progedo	数字化人文网络平台 数据信息的产生和管理	DARIAH (2006年) ESS (2006年) CESSDA (2006年) SHARE (2006年) GGP (2016年)
普通研究基础设施	OpenEdition RnMSH	人文与社会科学电子出版物的开放使用 人文科学国家网络	否 否
计划中的研究基础设施	ERIHS-FR	欧洲科学遗产研究中心	ERIHS (2016年)

风险分析，为能源和生态领域提供新的服务。

这类研究基础设施分布广泛，包括分布式的站点、观察和试验平台等。根据地球系统与环境科学研究的特点和需求，2016 版“研究基础设施发展路线图”明确发展 23 项“研究基础设施”^[3]。在全球持续关注气候变化的大背景下，“地球系统与环境科学”的地位显著提高，这类学科通常属于基础研究范畴，很难在短期内实现经济和社会效益，但是对国家而言却又至关重要。因此，法国在新的“研究基础设施发展路线图”中坚持大力发展“地球系统与环境科学”。

2.3 能源

从全球范围来看，世界经济能否实现可持续发

展完全依赖于人类是否能够可持续地提供对环境影响较小的能源。能源问题主要需要面临如下四个方面的挑战：满足人类的能源需求；避免使用不安全能源；使全球气候变暖处于可控范围内；提供可持续发展的能源。因此，世界各国必须使用多样化的能源以满足全球能源需求的增长（2030 年预计增长量为 2000 年的 60%），尽量减少化石能源的使用以控制温室气体的排放。法国 2015 年通过了《能源转换和绿色发展法》，以期能够应对能源和气候变化的挑战。

根据以上能源研究的需求，2016 版“研究基础设施发展路线图”明确了要发展五项研究基础设施（见表 2）。

表 2 法国“能源科学”研究基础设施^[3]

类别	设施简称	设施全称	是否属于及属于哪项《欧洲研究基础设施战略》
普通研究基础设施	FR-SOLARIS	法国太阳能发电研究中心	EU-SOLARIS（2010 年）
	WEST	稳态托卡马克装置中钨对环境的影响研究中心	否
计划中的研究基础设施	ECCSEL-FR	欧洲二氧化碳捕捉和存储实验室	ECCSEL（2008 年）
	SOPHIRA	太阳能光伏发电研究中心	否
	Theorem	海洋可再生能源的流体力学测试网络	否

2.4 生物与医学

生命科学领域在过去的 20 年中得到了飞速发展，尤其是基因测序的开放使生物学进入高速发展轨道，高分辨率成像技术也为生物学的探索带来了革命性的变化。但是，相关领域的研究基础设施价格昂贵，法国急需通过高效的管理，使相关的研究设施能够向更多的研究人员开放。

法国在 2008 年首次发布的“研究基础设施发展路线图”中就明确了发展生物与医学领域的研究基础设施，特别是在 2011 年，法国“生物和医学未来投资计划”得到了实施，政府正着力建设生物和医学领域的研究基础设施以保持法国在这个领域的全球领先地位。2016 版“研究基础设施发展路线图”明确了发展五类，总共 25 项有关生物和医学的研究基础设施^[3]。

2.5 材料科学与工程

材料科学与工程领域拥有众多研究基础设

施，包括法国两所同步辐射研究中心（ESRF，SOLEIL）、法国两所中子散射研究中心（ILL，LLB-ORPHEE）、法国强激光中心（LULI-APOLLON et PETAL），以及法国参与的欧洲项目，诸如欧洲 X 射线激光中心（XFEL）、欧洲散裂中子源研究中心（ESS）、欧洲强磁场中心（LNCMI/EMFL）和众多科研平台（EMIR、RENARD、RENATECH、METSА、RMN-THC、FT-ICR）。在法国“国家科研与创新战略”的支撑下，很多材料科学与工程领域的研究基础设施被划归到“大型研究基础设施”中，得到了来自法国原子能和替代能源委员会（CEA）与法国国家科研中心（CNRS）的重视与支持，这些研究基础设施不断得到升级和优化，始终能够为研究人员提供先进的研究试验平台。2016 版“研究基础设施发展路线图”明确了发展 16 项研究基础设施^[3]。

科研人员通常会联合使用上述材料科学与工

程领域的各类研究基础设施，以发挥各类设施的优势，营造各类极端环境（高压、高温或低温、强磁场环境等），用来探索材料在不同形态（气态、固态、液态和等离子体态）下的特性。材料科学的研究因此也和其他许多学科联系在一起，比如：物理、化学、天体物理学、地质学、生物学、考古学、古生物学，乃至能源和医学等，能够通过对材料的研究解释大量科学问题。随着人类对材料科学认知的不断深入，这些研究基础设施能够继续推动纳米电子学和纳米科学这类新兴学科的发展，纳米技术的工业化转化也将成为未来几年经济发展的新动力。

2.6 天文与天体物理学

天体物理学研究的对象是宇宙的历史、形成过程以及发展规律。由于宇宙现象的复杂性，人类对宇宙还知之甚少。星系、恒星和行星系统是如何形成的？生命是如何产生的？这些问题都需要人类不断研究和探索宇宙以寻求答案。人类利用各类地面和空间高精度望远镜采集数据，并采用理论分析和数字模拟等手段开展天体物理学的研究。在法国政府的长期支持下，法国的天体物理学研究基础设施已经能探测到整个电磁波谱的信号。随着引力波和中微子这类新的科学成果的发现和应用，人类势必将了解并掌握更多的宇宙知识。不断发展天体物理学研究基础设施，优化分析和存储数据的手段，将是未来法国、欧洲乃至全球科研合作的重点方向之一。

法国国家宇宙科学研究所（INSU）每五年对

其研究基础设施的战略发展进行一次更新和调整。最近的一次更新是在 2014 年，法国国家宇宙科学研究所联合法国国家空间研究中心（CNES）共同决定，接下来五年将在欧盟和全球范围内加强地面和空间研究基础设施建设的合作，并积极推进相关交叉学科的发展。这次战略更新的内容直接反映在法国 2016 版“研究基础设施发展路线图”中，其明确了天文与天体物理学领域将发展 11 项研究基础设施^[3]。

2.7 核物理与高能物理

法国在核物理与高能物理领域长期处于世界领先水平，法国的核物理学家现阶段的研究兴趣是使用大型研究基础设施探索物质的微观组成成分。CEA 和 CNRS 负责对其国内及欧盟范围内的核物理与高能物理研究基础设施进行管理。2016 版“研究基础设施发展路线图”明确了核物理与高能物理领域将发展 8 项研究基础设施（见表 3）。

2.8 数字化科技与数学

近年来，数字化科技速度在全球得到发展，大量新的技术（虚拟现实、智能通信、感应装置等）被应用到消费类电子设备中，导致这类电子产品的销量在全球呈指数增长。在科研领域，各种研究项目的源数据、集中或分布式研究基础设施采集的数据正源源不断地汇聚并积累，这对国家大数据的管理和存储能力提出了巨大的挑战。法国积极应对日益增长的数据存储、处理和传输的需求，制定了发展数字化科技研究基础设施的国家战略，将在其境

表 3 法国“核物理与高能物理”研究基础设施^[3]

类别	设施简称	设施全称	是否属于及属于哪项《欧洲研究基础设施战略》
国际组织的研究基础设施	CERN-LHC	欧洲核子研究中心 - 大型强子对撞机	否
大型研究基础设施	EGO-VIRGO	欧洲引力观测站	否
	FAIR	反质子和离子研究装置	FAIR（2006 年）
	GANIL-Spiral2	法国重离子加速器国家实验室——放射性离子生产系统第二期	Spiral2（2006 年）
普通研究基础设施	KM3NeT	千米级立方体中微子望远镜	KM3NET（2006 年，2016 年）
	LSST	大型综合巡天望远镜	否
	HESS	高能立体望远镜系统	否
计划中的研究基础设施	CTA	高能伽玛光子望远镜阵列	CTA（2008 年）

内建立分布式网络数字平台，用以为全国的各类学科研究提供数字化存储以及数字仿真计算的服务。国家能够通过增加站点的数量和单体容量，不断扩

充网络数字平台的容量和计算能力。2016 版“研究基础设施发展路线图”明确了数字化科技与数学领域将发展 8 项研究基础设施（见表 4）。

表 4 法国“数字化科技与数学”研究基础设施^[3]

类别	设施简称	设施全称	是否属于及属于哪项《欧洲研究基础设施战略》
大型研究基础设施	GENCI	国家超级计算机	否
	RENATER	法国国家技术、教育与研究远程通讯网络	否
普通研究基础设施	CCIN2P3	法国国家核物理和粒子物理计算中心	否
	FIT	物联网	否
	France Grilles Grid 5000	法国网格计算研究所 网格计算 5000（大规模并行、分布式系统研究基础设施）	否 否
计划中的研究基础设施	GERM	数学研究大型装备	否
	RNRVA	国家级虚拟现实平台网络	否

2.9 科学技术文献

进入 21 世纪以来，出版物的数字化和国际发布平台的发展，推动了科技文献出版物的发展。法国认识到建设数字科技文献研究基础设施的重要性，从全新的角度构建了数字科技文献出版平台。

对科研人员而言，可以缩短从得到科研结果到公开发表文献的时间和流程；对读者而言，可以用更低的价格更容易地获得更多高质量的出版物。2016 版“研究基础设施发展路线图”明确了科学技术文献领域将发展四项研究基础设施（见表 5）。

表 5 法国“科学技术文献”研究基础设施^[3]

类别	设施简称	设施全称	是否属于及属于哪项《欧洲研究基础设施战略》
普通研究基础设施	COLLEX PERSEE	法国科技人员数据服务网络	否
	HAL (CCSD)	在线查询科技文献系统(科技文献信息中心)	否
	NUMEDIF	科技文献电子出版和发行平台	否
	OpenEdition	人文和社会科学文献电子出版平台	否

3 2016 版“研究基础设施发展路线图”的特点

在过去的几年中，虽然法国受到欧洲主权债务危机的影响，失业率不断攀升，经济发展缓慢，但是，法国政府依然坚定地支持基础研究的发展，2016 年伊始就根据惯例发布了每四年更新一次的“研究基础设施发展路线图”，法国将科技创新作

为其培育新的经济增长点和保持长期竞争优势的根本手段，列入其国家优先发展战略，重点予以支持，以期在未来的竞争中占据优势。本次发展路线图的发布，确定了法国未来四年将要着力推动的基础研究学科范围和国家战略发展方向。

3.1 优势学科稳中求进，新兴产业及时更新

法国本次公布的“研究基础设施发展路线图”对其原有的学科分类重新进行了划分，由原来的 8

大类学科更新为现在的 9 大类学科，保留了 6 类其长期具有优势和鲜明特点的学科类别，包括核物理与高能物理、材料科学与工程、数字化科学与数学、生物与医学、人文与社会科学，以及科学技术文献。同时，将原来的“农业、生态与环境科学”和“地球系统科学与宇宙科学”这两类学科，重新整合成为“地球系统与环境科学”和“天文与天体物理学”，并新增了一个“能源”的分类。

基础研究的前瞻性探索是一个国家提升原始创新能力的关键。通过分析法国这次“研究基础设施发展路线图”的新学科分类不难发现，法国对其基础研究的发展路线有其长期坚持的内容，同时也会根据科技、经济的发展，不断提出新的发展方向。

3.2 坚持自主创新、开放合作的策略

在汤森路透（Thomson Reuters）发布的 2015 年“全球创新百强”（Top 100 Global Innovators）名单中，法国共有 10 家机构上榜，在最创新的企业和机构数目排行榜上位居全球第三^[6]。其中，主要管理法国研究基础设施的 CEA 和 CNRS 均榜上有名，可见法国科技创新的成绩得到了全世界的认可。同时，法国坚持在欧盟和世界范围内进行广泛合作，以期实现多赢的局面，例如在欧盟公布了其 ESFRI 2016 新版路线图后，法国作为欧盟 ESFRI 的主要参与方，随即对其国内的“研究基础设施路线图”进行了升级。

4 结论

法国作为欧洲发达国家，其创新发展取得的成绩值得我们学习和借鉴；及时分析了解法国“2016 年研究基础设施发展路线图”，有助于我国掌握欧洲发达国家的科技政策，为我国深入实施创新驱动发展战略提供有力的支撑。

我国的“两弹一星”、载人航天、北京正负电子对撞机、上海光源、EAST 全超导托卡马克装置、兰州重离子加速器冷却储存环、大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜（LAMOST）、500 米口径球面射电望远镜（FAST）工程等项目正是我国前期在大型研究基础设施上的勇敢尝试。这些研究基础设施所带来的产业聚集和辐射效应，能够深刻影响我国经济发展模式，是攻克技术壁垒、改善科技发

展结构性问题、推动战略性新兴产业和提升国家整体科技实力的有效途径，具有重大的社会经济价值。建造并牵头组织更多大型研究基础设施能够塑造我国的科技竞争力和积蓄未来发展的潜能助力，为国家经济建设、国防建设和社会发展做出战略性、基础性和前瞻性的贡献。■

参考文献：

- [1] Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche. Les très grandes infrastructures de recherche les très grandes infrastructures édition 2008[EB/OL]. [2016-10-21]. http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Infrastructures_de_recherche/62/2/feuille_route_tgir_2008_527622.pdf.
- [2] Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche. Stratégie nationale infrastructures de recherche 2012—2020[EB/OL]. [2016-10-21]. http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/tgir/29/6/infras_def3_243296.pdf.
- [3] Ministère de L'éducation Nationale de L'enseignement Supérieur et de la Recherche. Stratégie nationale des infrastructures de recherche édition 2016[EB/OL]. [2016-10-21]. http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/infrastructures_de_recherche/74/5/feuille_route_infrastructures_recherche_2016_555745.pdf.
- [4] European Strategy Forum on Research Infrastructures. Strategy Report on Research Infrastructures Roadmap 2016[R/OL]. [2016-10-21]. http://www.esfri.eu/sites/default/files/20160309_roadmap_browsable.pdf.
- [5] 吴海军. 法国对大型研究基础设施的建设管理情况分析[J]. 全球科技经济瞭望, 2015, 30(6): 21-25.
- [6] Thomson Reuters. Top 100 global innovators[EB/OL]. [2016-10-21]. <http://top100innovators.stateofinnovation.thomsonreuters.com/>.
- [7] 中国证券网. “十三五”战略新兴产业焦点浮现 聚焦五大方向[EB/OL]. (2016-03-17)[2016-10-21]. http://news.cnstock.com/industry/sid_rdjj/201603/3738605.htm.
- [8] 李克强. 在国家科学技术奖励大会上的讲话[EB/OL]. (2016-01-08)[2016-10-21]. http://news.xinhuanet.com/politics/2016-01/08/c_1117718974.htm.

（下转第 39 页）

Education Institutions 2006—2008[R]. UK, 2012.
[9] National Audit Office. Cross-government, Research and

Development Funding for Science and Technology in the
UK[R]. UK, 2013.

Management and Operational Service Evaluation of Large Scientific Facilities in the UK

YANG Yao-yun

(Nuclear and Radiation Safety Centre, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100082)

Abstract: The UK has a world-class research environment in which scientific infrastructures such as large scientific facilities play an important role in attracting world-class researchers to the UK. The UK has laid an excellent research base by encouraging the using and sharing of the large scientific facilities, strengthening its management and evaluation. This paper mainly describes the funding ways, developing strategy, using and sharing, management and operational service evaluation of large scientific facilities, in the hope of providing reference for China's management of large scientific facilities.

Key words: UK; large scientific facility; STFC

(上接第34页)

France Completely Updated the National Strategic Roadmap on Research Infrastructures

DONG Lin

(China International Nuclear Fusion Energy Program Execution Center, Beijing 100862)

Abstract: The paper only introduces the experience of France in publishing and updating roadmaps for large-scale research infrastructures so as to ensure their smooth development, but also briefs the development of basic research infrastructures in various fields. It is proposed in the “13th Five-year” plan to develop emerging industries of strategic importance, and to strengthen basic research and the development of mega-science project. With such background, the paper raises the proposal to develop emerging hot-spot industries, and to strengthen international cooperation with France in basic research and talent exchanges.

Key words: France; research infrastructure; the national center for scientific research; European strategy on research infrastructures