

意大利大型研究基础设施开放共享的经验与启示

马宗文¹, 孙成永²

(1. 中国科学技术交流中心, 北京 100045;

2. 中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 意大利大型研究基础设施面向国际用户开放共享程度高, 与世界顶级研究机构合作密切, 积极向企业和公众开放, 相关做法对意大利保持在相关研究领域的世界领先地位、培养和吸引人才、促进产业和社会发展、树立良好的国际形象等具有重要作用。这些经验对当前我国鼓励大型科研设施和仪器开放、牵头组织国际大科学计划和工程等具有重要参考价值。

关键词: 意大利; 研究基础设施; 开放共享

中图分类号: G311 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2019.05.009

研究基础设施和大型科研设备对现代科学研究具有重要支撑作用, 为探索未知世界、发现自然规律、突破科学前沿、实现技术变革提供了有效手段, 特别是大型研究基础设施在天文、物理等学科的重大发现中更是发挥了举足轻重的作用。欧洲核子研究中心(CERN)使用迄今世界最强大、最复杂的大型强子对撞机(LHC)发现了希格斯波色子, 证实了粒子物理学标准模型中希格斯波色子的理论预言, 两位物理学家因此获得2013年诺贝尔物理学奖。

意大利重视发挥研究基础设施在科学研究和技术应用方面的重要作用, 认为研究基础设施的使用和开放共享不仅能推动基础研究和科学进步, 提高意大利科学研究的整体水平和国际竞争力, 帮助培养本国人才和吸引国际人才, 而且会促进技术创新和高技术产业发展, 为国家经济发展提供引领和战略支撑。

1 概况与基本特征

1.1 概况

据统计, 意大利目前共有各类研究基础设施97处, 其中自然科学与工程领域38处, 健康和食

品领域21处, 环境领域17处, 电子通信领域9处, 社会和文化创新领域7处, 能源领域5处; 按设施规模 and 用户数量等指标, 意大利将研究基础设施分为3类, 其中国际级11处、欧盟级34处、国家级52处。根据意大利《国家研究基础设施计划(PNIR)(2014—2020年)》, 2015—2020年意大利政府将重点对56处研究基础设施提供财政支持, 仅政府部门就将投入17.2亿欧元, 平均对每个研究基础设施的支持力度约为500万欧元/年^[1]。

建设投入在5000万欧元以上的主要大型研究基础设施有: 的里亚斯特同步辐射国际实验室(ELETTRA), 国家核物理研究院的四大实验室——格兰萨索国家实验室(INFN-LNGS)、弗拉斯卡蒂国家实验室(INFN-LNF)、南方国家实验室(INFN-LNS)、莱尼亚罗国家实验室(INFN-LNL), 国家新技术、能源与可持续经济发展署(ENEA)的等离子物理和聚变能实验室, 国家天体物理研究院的撒丁岛射电望远镜(INAF-SRT), 国家研究委员会的应用光学研究所(CNR-INO)等。

1.2 基本特征

意大利是欧洲研究基础设施战略论坛

第一作者简介: 马宗文(1986—), 男, 理学硕士, 助理研究员, 主要研究方向为科技政策、科普与公民科学素质。

收稿日期: 2019-04-26

(ESFRI)的主要成员国,欧洲研究基础设施战略论坛要求其大型研究基础设施满足以下要求。

(1)面向前沿科学研究。研究基础设施须单独运行,或与国内和国际同水平的研究基础设施开展合作,面向世界科学前沿开展高水平的科学研究。

(2)高水平的技术服务。研究基础设施提供的技术服务应体现最高水平的科研服务体系,它的有效运行有助于激励创新、促进产业发展、提升科学服务能力。

(3)高质量的管理体系。对研究基础设施的管理是国际化的复杂管理体系,包括对研究和创新需求有效反馈的执行和运行系统,以及高效的人力资源和财务管理系统。

(4)有助于整体价值提升。研究基础设施能够为国际客户提供服务,至少30%以上的用户来自设施所属国以外,并且为研究人员的流动和数据共享提供便利。

(5)多层级的数据接入。研究基础设施能够为企业用户和技术应用型行业提供服务,促进知识和方法向创新链下游转移,而且必须提供科学和技术数据的不同层级的公开接口,扩大研究对全球和区域经济社会的影响。

(6)竞争性的使用原则。基于竞争性原则和同行评议的结果,研究基础设施必须选择性地支持最具科学价值或在应用方面最具创新性的研究。

(7)研究成果开放共享。研究基础设施的研究结果因具有公开属性,其使用者应承诺公布研究成果;需制定透明的数据保留和访问政策,并主动传播与创新相关的成果,让科研界和创新者参与其中。

2 开放共享依据和申请流程

2.1 主要依据

(1)国家法律。意大利2016年第218号法令对国家研究委员会、国家核物理研究院等20家主要研究机构的职责、运行、经费和监管等进行了最新规定,其中第3条规定“鼓励上述机构与其他国家的研究机构和实体开展科技合作,鼓励其采取措施支持地方科技研发活动、支持生产部门的创新”,这就为研究机构的大型研究基础设施开展国际合作和国内机构间合作、面向企业用户开放提供了法律依据。

(2)欧盟政策。意大利是欧洲研究区域(ERA)、欧洲研究基础设施战略论坛和欧洲研究基础设施联盟(ERIC)等关于研究基础设施计划和组织的重要成员国。欧盟委员会2016年发布了《欧盟科研基础设施开放共享章程》^[2],明确了开放共享的原则、指南等,虽然不具有法律效力,但对成员国研究基础设施的开放共享具有重要指导作用。意大利根据欧盟的有关政策提出了本国的开放共享计划,而且相关开放共享活动可依规申请欧盟经费支持。

(3)合作协议。在法律规定范围内,意大利很多大型研究基础设施与国外同类设施签有共建共享协议,依照协议规定互相开放共享。如意大利国家新技术能源与可持续经济发展署正在建设的新一代偏滤器托克马克实验装置(DTT)与中国下一代聚变工程实验堆(CFETR)装置,定位都是商业运行的核聚变电站之前的工程实验堆,两个装置具有相似性,目前双方已经签署合作协议,共同研发关键部件和开展人员交流,建成后两座设施将互相开放共享。

2.2 申请流程

意大利研究基础设施一般需要接受设施所在机构组织的同行评议,根据评议结果决定是否获得使用许可,一般流程如下^[3]。

(1)提出申请。申请人向研究基础设施负责人提交申请书,申请书内容一般应包括对实验情况的介绍、对实验条件需求的描述、研究团队人员情况、遵守相关法律和法规的承诺等。申请的具体要求可在研究基础设施的官方网站查询。

(2)同行评议。研究基础设施的科学委员会(SC)或遴选委员会(USP)根据申请数量定期对申请进行评估,一般每年进行1~2次集中评估,有时需要申请者对拟进行的科学实验进行口头答辩。主要评估依据是研究的科学价值和应用潜力。科学委员会或遴选委员会一般由7人组成,除意大利科学家外还包括一定比例的外籍科学家。

(3)获批使用。评估结束后,委员会向实验室主任提出建议。实验室主任批准后,根据评估结果安排实验设施及其使用时间。

3 典型研究基础设施开放共享情况

意大利大型研究基础设施国际化程度高,面向

全球所有研究人员和机构开放，有些设施的国外机构和人员参与度已经超过意大利本土机构和人员比例，而且这些设施与国外很多顶级研究机构的同类设施保持了良好的合作关系，典型的大型研究基础设施开放共享情况如下。

3.1 的里亚斯特同步辐射国际实验室

该实验室位于的里亚斯特市，于1993年开始运行，为第三代同步辐射装置，主要包括ELETTRA同步辐射加速器和FERMI自由电子激光器两个大型设施。两个设施提供从紫外线到X射线的30多个不同频段超高亮度光源，为材料、医学、环境、化学和纳米技术等多个领域的基础研究、应用研究和产业开发提供服务。实验室完全实行商业化运作，由Elettra-Sincrotrone Trieste

S.C.p.A 非营利公司运作。意大利政府每年为实验室提供1 400万欧元的运行经费。实验室面向全球开放，每年收到来自世界50多个国家的科学家和工程师的使用申请，竞争非常激烈。2017年第Ⅱ期—2018年第Ⅰ期ELETTRA同步辐射加速器申请数为798个，获批383个，成功率为48.0%；2017年9月—2019年4月FERMI自由电子激光器申请数为88个，获批31个，成功率为35.2%。

据统计，2017年第Ⅱ期—2018年第Ⅰ期ELETTRA同步辐射加速器共有使用者1 244人，他们来自全球40个国家，其中来自欧盟境内的19国、965人，欧盟之外21国、259人。来自意大利之外的39个国家共780人，占总人数的63.7%（见表1）。

表1 ELETTRA同步辐射加速器使用情况统计

国家（欧盟）	人数	国家（欧盟之外）	人数
奥地利	57	阿根廷	3
比利时	10	澳大利亚	14
克罗地亚	34	巴西	6
捷克	10	加拿大	24
丹麦	25	中国	31
法国	63	埃及	1
德国	106	印度	53
希腊	8	印度尼西亚	2
匈牙利	1	伊朗	3
爱尔兰	2	以色列	9
意大利	444	日本	9
荷兰	8	约旦	5
波兰	19	墨西哥	8
葡萄牙	5	新西兰	3
罗马尼亚	3	巴基斯坦	17
斯洛文尼亚	46	俄罗斯	18
西班牙	38	新加坡	4
瑞典	22	南非	1
英国	64	瑞士	22

续表

国家（欧盟）	人数	国家（欧盟之外）	人数
小计	965	土耳其	5
		美国	21
		小计	259

来源：的里亚斯特同步辐射国际实验室官方网站^[4]。

3.2 国家核物理研究院格兰萨索国家实验室

该实验室位于阿布鲁佐大区的拉奎拉市，建于1982年，是目前世界最大的地下实验室，主要开展太阳中微子、暗物质和宇宙射线等方面的研究，为粒子物理学、宇宙学和天体物理学领域的科学家提供世界级的研究基础设施。实验室海拔963米，上面覆盖的白云岩厚1400米，岩石覆盖层非常有效地屏蔽了来自宇宙的射线，使除中微子外的已知粒子流量几乎减少到1%，是非常理想的实验场所。实验室拥有目前世界最大、最灵敏的暗物质探测器XENONIT。实验室包括3个实验大厅及相关配套服务区域，每个实验大厅长100米、宽20米、高18米，实验室总体积达18万立方米。实验室年运行费用超过1000万欧元，主要资金来源是意大利

国家公共资金。

据实验室网站公布，目前来自全球30多个国家的1100多名科学家正在此开展世界最前沿的17个研究项目（见表2）。这些项目的国际化程度非常高，平均每个项目有来自6个国家的20家研究机构参与。意大利参与了正在进行的全部实验项目，其中牵头9个项目，参与8个项目，平均每个项目有8家意大利研究机构参与。从研究团队数量来看，来自国外机构的数量超过意大利本土的机构数，国外机构占总数的57.6%。

3.3 国家核物理研究院弗拉斯卡蒂国家实验室

该实验室位于罗马省弗拉斯卡蒂镇，建于1955年，占地面积13公顷，是意大利最大的加速器核物理和亚核物理实验室，其粒子加速器在

表2 格兰萨索国家实验室实验项目参与国家与机构情况

名称	领域	参与国家数	参与机构数	意大利机构数	参与国家或组织（首位为牵头国家）
Borexino	中微子	7	26	6	意大利、法国、德国、俄罗斯、波兰、乌克兰、美国
Cobra	中微子	6	10	1	德国、捷克、意大利、芬兰、阿根廷、斯洛伐克
Cosinus	暗物质	3	8	5	德国、意大利、奥地利
Cresst	暗物质	5	9	1	德国、葡萄牙、意大利、奥地利、英国
Cuore	中微子	6	37	18	美国、意大利、中国、法国、西班牙、英国
Cupid	中微子	4	14	9	意大利、美国、法国、德国
Dama	暗物质	5	13	4	意大利、乌克兰、中国、俄罗斯、印度
Darkside	暗物质	15	80	38	美国、法国、俄罗斯、意大利、中国、加拿大、墨西哥、乌克兰、英国、波兰、巴西、西班牙、罗马尼亚、瑞士、希腊
Ermes	地球环境	7	17	6	意大利、英国、澳大利亚、联合国原子能机构、欧盟联合研究中心（JRC）、奥地利、西班牙
Gerda	中微子	6	19	7	意大利、波兰、德国、俄罗斯、比利时、瑞士

续表

名称	领域	参与国家数	参与机构数	意大利机构数	参与国家或组织（首位为牵头国家）
Ginger	万有引力	3	11	8	意大利、德国、新西兰
Luna	核聚变	4	17	13	意大利、德国、匈牙利、英国
LVD	中微子	6	14	6	俄罗斯、意大利、法国、巴西、美国、日本
PULEX	宇宙辐射	4	11	8	意大利、澳大利亚、美国、捷克
Sabre	暗物质	4	11	3	澳大利亚、意大利、英国、美国
VIP	量子力学	6	9	3	意大利、奥地利、法国、德国、罗马尼亚、瑞士
Xenon	暗物质	10	22	3	美国、意大利、德国、荷兰、法国、瑞士、葡萄牙、以色列、阿联酋、瑞典

来源：据格兰萨索国家实验室官方网站信息统计得出^[5]。

20 世纪 60 年代是世界上最大的加速器，后来经过多次改扩建，2000 年建成的 DNFNE 正负电子对撞机，拥有低能瞬时亮度的世界纪录；实验室还有 SPARC 自由电子激光器，以及研究粒子加速技术的极高功率激光器 FLAME。实验室年运行费用超过 1 000 万欧元，主要资金来源是意大利国家公共资金。

实验室与世界顶级研究机构建立了良好的合作关系，与美国国家加速器实验室（SLAC）、美国费米国家加速器实验室（FERMILAB）、美国托马斯·杰斐逊国家加速器设施（JLAB）、美国布鲁克海文国家实验室（BNL）、英国 DARESBURY 实验室、法国直线加速器实验室（LAL）、西班牙 ALAB 同步加速器、欧洲同步辐射设施（ESRF）、德国 ELSA 同步辐射加速器、欧洲核子研究中心、瑞士保罗谢尔研究所（PSI）、德国电子同步加速器（DESY）、欧洲散裂中子源（ESS）、中东实验科学与应用同步光源（SESAME）、俄罗斯 BUDKER 核物理研究所、中国北京正负电子对撞机、日本高能加速器研究机构（KEK）、日本质子加速器研究中心（J-PARC）等 18 家国际领先的高能物理研究设施签署了合作协议^[6]，开展机制性的合作：一是人员定期互访，弗拉斯卡蒂国家实验室接待来自世界各地的研究人员，也派人到对方实验室开展合作研究；二是设备互换，弗拉斯卡蒂国家实验室的实验设备经常被送到国外其他实验室开展合作研究，其他国家的实验设备也常被带来进行测试实验。

据统计，2017 年在弗拉斯卡蒂国家实验室开展研究的 400 名科研人员中约有 1/3 来自意大利之外的国家，其中包括来自中国的 10 名科研人员。

实验室重视基础研究成果的应用和转移转化，其同步加速器、超导技术、纳米材料、空间技术等广泛应用于相关行业和产业。实验室面向企业界开放，开展合作研究，其中纳米材料、石墨烯、新型传感器和探测器在医疗、信息、航天和文物修复等方面取得了不错的应用成果，促进了产业和社会发展。

实验室特别重视面向公众开放，传播科学，让公众近距离接触晦涩难懂的科学知识，展示它们在日常生活中的重要应用。为了培养下一代科学家，实验室还致力于向社会宣传实验室的研究计划和科研成果，重点是培养年轻人特别是中小学生对科学的兴趣，让其发现自身潜力，鼓励他们投身科学事业。各年龄段的学生、中学教师和普通公众被邀请参加实验室的各类科普活动，实验室每年接待各类参观和学习人员约 9 000 人。

4 启示

意大利在大型研究基础设施开放共享方面积累了丰富的经验，相关做法为其保持研究先进性、培养和吸引人才、促进产业和社会发展、树立良好的国家形象等发挥了重要作用。

（1）为研究基础设施提供稳定支持

意大利为大型研究基础设施运行提供稳定支

持,的里亚斯特同步辐射国际实验室、格兰萨索国家实验室和弗拉斯卡蒂国家实验室的年运行费用均超过1 000万欧元,主要资金来源是意大利国家公共资金。为了保障资金到位,意大利还以法律的形式加以规定。如2005年第31号法令规定国家每年对的里亚斯特同步辐射国际实验室拨款1 400万欧元,该项拨款即使在金融危机后意大利财政紧张的年份都没有停滞。充足的研究经费为科研人员在格兰萨索国家实验室艰苦的实验环境下甘于寂寞、开展自由探索提供了保障。长期不断的研究积累让意大利的基础研究,特别是物理和天文领域,在国际学术界占有一席之地,产出了大批重量级的研究成果。

(2) 有利于保持或跟踪最前沿研究

将顶级的研究基础设施面向世界开放,对保持本国研究水平处于相关领域研究最前沿具有重要作用。格兰萨索国家实验室是开展离子物理和天体物理研究的理想场所,吸引了该领域全世界最优秀的研究团队来此开展研究,在合作研究过程中,不同的思想交流碰撞,有利于新理论的产生。意大利并非主导了所有实验项目,17个实验中,意大利牵头9个,其余8个为其他国家设计并牵头组织实施,但意大利团队全部参与其中,其中,Cobra中微子实验和Cresst暗物质实验,意方虽然各只有1家机构参加,但这就保证了意大利在该研究领域跟踪或保持国际领先水平。

(3) 培养本国人才和吸引国外人才

大型研究基础设施开放共享对培养和吸引人才的重要性主要体现在:一是与世界顶级实验室互相开放,开展人员交流互访,让本国科学家走出去,通过交流学习不断成长和提升;二是允许国外科研团队使用本国科研基础设施开展合作研究,为本国研究人员参与其中创造条件,有利于培养本国人才;三是将世界级的研究基础设施面向全球科研人员和机构开放共享,有助于吸引国外人才到本国工作;四是先进的研究基础设施面向青少年学生开放,有助于激发和挖掘他们对科研的兴趣,发现和培养下一代科研人才。

(4) 有助于促进产业和社会发展

的里亚斯特同步辐射国际实验室的发展理念之一就是基础和应用研究、技术转移转化和科

技管理培训等方式来推动文化、社会 and 经济发展,其很多用户为有技术应用需求的工业企业。弗拉斯卡蒂国家实验室除开展基础研究外,还面向企业开放,合作开发实用型技术,如与意大利国家癌症质子治疗中心合作,将同步加速器技术加速碳质子,通过破坏病人体内的癌细胞DNA治疗癌症,开创了新的疗法;与网络公司合作,将其开发的管理实验室全部实验设备的软件系统——!CHAOS应用于分布式传感器网络 and 智能交通灯的管理;与文化保护网络CHNet合作,利用其X荧光射线 and 便携式的诊断光谱技术,研究罗马帝国的古钱币 and 拜占庭帝国的手抄本等珍贵文物^[6]。

(5) 树立良好国际形象,提升国际话语权

意大利大型研究基础设施面向全球开放,对提升其国际形象 and 在相关研究领域的话语权具有重要意义。格兰萨索国家实验室不仅向全世界最前沿的研究项目和科研设施免费提供实验场地,而且承诺来此进行实验、参加学术会议 and 开展学术交流的国外科研人员还可以申请实验室提供的津补、交通 and 食宿补贴,以吸引全球最前沿的研究项目和顶尖的科研人才。这些做法不仅为意大利树立了良好的国际形象,而且帮助提升了意大利在粒子物理学、宇宙物理学等研究领域的国际话语权。

中国高度重视研究基础设施的开放共享,2015年国务院印发了《关于国家重大科研基础设施 and 大型科研仪器向社会开放的意见》^[7],以破解科研设施和仪器重复建设和购置,部门化、单位化、个人化的倾向,以及闲置浪费等问题,从而充分发挥科研设施和仪器对科技创新的服务 and 支撑作用。中国目前已建成一些世界领先的大科学装置,如500米口径球面射电望远镜(FAST)、全超导托克马克核聚变实验装置(EAST)、中国散裂中子源(CSNS)等。2018年国务院印发的《积极牵头组织国际大科学计划 and 大科学工程方案》^[8],也提出要充分利用国家重大科技基础设施等基础条件和已有优势,组织国际大科学计划 and 大科学工程。意大利大型研究基础设施面向社会,特别是面向国际用户开放共享的做法 and 经验,值得中国借鉴。■

参考文献:

- [1] Ministry of Education, University and Research of Italy.

- The National Program for Research Infrastructures (PNIR) 2014-2020[R/OL]. [2019-03-28]. <http://www.ponricerca.gov.it/media/388972/pnir.pdf>.
- [2] European Commission. European charter for access to research infrastructures[EB/OL]. [2019-03-28]. https://ec.europa.eu/research/infrastructures/pdf/2016_charterforaccessto-ris.pdf.
- [3] Laboratori Nazionali del Sud. Transnational access to LNL-LNS[EB/OL]. [2019-03-28]. <https://www.lns.infn.it/en/user/transnational-access.html>.
- [4] Elettra Sincrotrone Trieste. Facts and figures[EB/OL]. [2019-03-28]. <https://www.elettra.trieste.it/about/facts-and-figures.html>.
- [5] Gran Sasso National Laboratory (LNGS). Current experiments[EB/OL]. [2019-03-28]. <https://www.lngs.infn.it/en/research>.
- [6] National Laboratories of Frascati (LNF). In a global research network[EB/OL]. [2019-03-29]. http://w3.lnf.infn.it/wp-content/uploads/2018/07/LNF_brochure_ITA_web1.pdf.
- [7] 国务院. 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 [EB/OL]. [2019-03-29]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-01/26/content_9431.htm.
- [8] 国务院. 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 [EB/OL]. [2019-03-29]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-03/28/content_5278056.htm.

Experience and Enlightenment of Opening and Sharing of Large-scale Research Infrastructure in Italy

MA Zong-wen¹, SUN Cheng-yong²

(1. China Science and Technology Exchange Center, Beijing 100045;

2. Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: The large-scale research infrastructures in Italy are open to international users and have close cooperation with the world's top research institutions. It is open to the companies and the public audience. The relevant practices are aimed at maintaining Italy's leading position in relevant research fields, cultivating and attracting talents, promoting industry and social development and the establishment of a good international image of Italy. Italy's experiences are very important for China, which is encouraging the opening of large-scale scientific research facilities and instruments, and leading to establish international mega-science programs and projects.

Key words: Italy; research infrastructure; opening and sharing