



欧洲研究基础设施 路线图的制定及启示*

文 / 陈娟¹ 罗小安² 樊潇潇¹ 杨春霞¹

1 中国科学院大科学装置办公室 北京 100864

2 中国科学院高能物理研究所 北京 100049

【摘要】 文章对欧盟理事会制定研究基础设施路线图的机构及程序、遴选项目概况、意义等方面进行了深入调研和分析,梳理了我国重大科技基础设施路线图的制定情况,在此基础上提出建议:(1)用路线图方法制定未来设施规划并定期进行更新,立足基础性、战略性、前瞻性科技问题来部署新的设施,解决当前设施学科布局 and 结构尚不合理的地方,凝练国际合作的方向和重点;(2)建立完善的路线图制定的程序和规章制度,包括成立专门的路线图制定机构,设置规范的程序和章程,加强路线图专家库的建立,引导专家队伍的沟通与协调;(3)多层面协调管理,确保路线图的实施。

【关键词】 研究基础设施,重大科技基础设施,设施路线图,欧盟理事会,设施规划,“十一五”规划

DOI 10.3969/j.issn.1000-3045.2013.03.013

1 引言

近10年来,科技路线图作为一种战略规划预见方法得到了广泛应用。很多发达国家都将科技路线图用于本国科学研究和技术发展的规划和预测,以及国家战略政策的制定。

美国海军研究办公室 Kostoff 等学者将科技路线图定义为“一种使决策者在未来科技发展远景上达成一致的工具有,其过程就是确认、评估和选择各种战略上的可能性,使这种可能性可以实现已

有的科技目标。”科技路线图有别于一般的规划和技术预见,它包含了满足未来发展需求的科技,以及实现这些需求所选择的路径;是基于各领域的科技、文献、管理等专家对未来的宏观判断。基于科技路线图的科技规划,科技目标更加清晰,与市场的结合更加紧密,选择的方向、项目间更有内在联系,规划的操作性更强^[1]。

二战后,世界各国为在科学技术前沿取得重大突破、解决经济社会发展和国家安全中的战略性、基础性和前瞻性科技问题而投资建设了多个大型科学技术研究设施。这些设施在不同国家有

* 修改稿收到日期:2013年4月27日

不同的称谓。如欧盟、澳大利亚、法国、丹麦等称之为“研究基础设施 (Research Infrastructures)”；美国、德国、英国等称之为“装置” (Facilities) 或“大型装置” (Large-Scale Facilities)；我国则在原来“大科学装置”的称谓上拓展范畴衍变为现在的“重大科技基础设施”。

近年来，各国进一步认识到大型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设施发展路线图。大致可分为3类：(1) 从国家或国家集群层面对未来若干年设施建设的整体规划，如英国贸工部科学技术办公室 (OST) 于2001年6月发布第一个《大型装置战略路线图》^[2]，每两年更新一次；(2) 某个部门或研究机构的设施路线图，如美国能源部发布的《未来的科学装置——二十年前瞻》^[3]，部署了未来20年中的28个项目，并在2007年进行了更新；(3) 某一领域的设施规划路线图，如《美国粒子物理科学机遇——十年规划》^[4]。路线图具有战略引导性，能够推动多边创新进而促进研究基础设施的建造和使用。

作为世界上具有重要影响的区域一体化组织，欧盟也积极在欧共体的统一框架内推动研究基础设施的发展。本文对欧盟理事会制定研究基础设施路线图的机构及程序、遴选项目概况、意义等方面进行阐述和分析，对我国今后重大科技基础设施路线图的制定和更新工作提出思考与建议。

2 欧洲研究基础设施路线图的制定机构及程序

2.1 成立专门路线图制定机构

欧洲国家联合建造研究基础设施、开展大型科学研究合作已有很长的历史。著名的设施有欧洲同步辐射装置 (ESRF)、欧洲联合托卡马克 (JET)、国际热核聚变实验堆

(ITER) 等。为了整合欧洲研究力量，促进成员国科学技术活动的合作和一体化，建立了欧洲核子研究中心 (CERN)、南部欧洲天文台 (ESO)、欧洲太空局 (ESA) 等重要科研机构。

20世纪末以来，欧盟认识到“欧洲的许多重要研究基础设施已接近其生命末期，面临着在若干领域里丧失国际领导地位的风险”，更加积极考虑在欧共体的统一框架内推动大型研究基础设施的发展，以提高欧洲的全球竞争力。根据2000年“里斯本战略”中所制定的“知识增长”目标，欧盟理事会于2002年成立了欧洲研究基础设施战略论坛 (ESFRI)，以协调欧盟成员国研究基础设施发展方针，充分发挥其“孵化器”的作用，通过大规模的协商确定未来拟支持的研究基础设施计划，并监督落实《欧洲研究基础设施路线图》的制定。ESFRI的成立使得路线图的制定有了统一的组织与协调机构。2006年，ESFRI完成了第一份《欧洲研究基础设施路线图》的制定^[5]，之后又对该路线图进行了持续更新，目前已发布2008及2010年路线图^[6,7]。

2.2 建立完善的路线图制定程序

欧洲研究基础设施路线图的制定具有严谨的组织 and 程序 (图1)。据统计，有来自欧盟所有成员国和联系国的近1000名高级专家参与了2006年路线图的制定工作，近200人参与了项目评审工作。

欧洲研究基础设施路线图的制定过程主要分为收集项目建议、评估，路线图起草及审批3个阶段。欧盟各国代表团及一些欧洲技术平台 (ETP)、国际团体 (如欧盟信息基础设施咨询工作组 (e-IRG)、核物理欧盟合作委员会 (NUPECC) 和科研机构 (如欧洲航天局 (ESA)、欧洲核子中心 (CERN)) 首先提出项目建议，经ESFRI执行委员会初



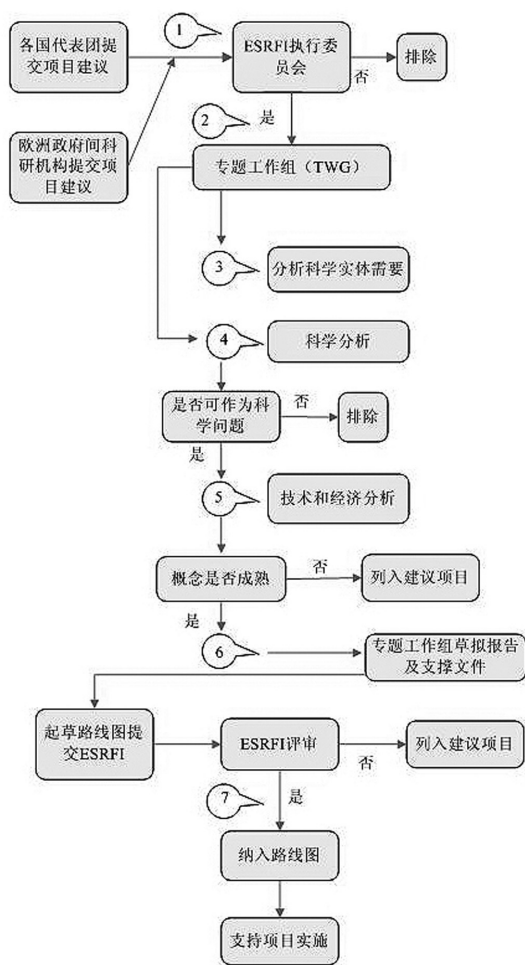


图1 欧洲研究基础设施路线图制定程序

审后进入评估阶段。评估工作由专家组进行,专家组成员的遴选既要求有很高的科学水准,又考虑了领域和地域的平衡。按照领域,专家组成员被划分为若干专题工作组(Thematic Working Groups, TWG)。TWG对每个项目根据科学价值和概念成熟与否的状况(包括技术状况、费用分析、成熟度)进行分析,确定拟入选路线图的项目,并形成路线图草稿,ESRFI评审组对草稿中的项目进行终评,并对最终入选路线图的项目的实施给予支持。

2.3 制定项目评估标准

欧洲研究基础设施路线图的制定程序指导方针中规定了评估项目建议的两个总体标准:一是泛欧洲科学价值,即项目应很好地与欧洲科学界

的未来长期需求一致,对科学发展具有重大的潜在影响,创造欧洲科学研究的新途径,并扩展欧洲的研究领域。二是概念和商业成熟度——技术和资金上的可行性:完成了项目技术概念和可行性研究,包括技术挑战和风险;具有可靠的建设、运行和退役费用估算及清晰的日程表。

根据上述标准,TWG建议将项目分成以下2类:成熟项目和建议项目。TWG主要集中讨论成熟项目,将后者留待未来版本进一步考虑。

3 欧洲研究基础设施路线图遴选项目概况

经过严格的评估及审批,ESRFI最终确定了7大领域(社会科学和人文科学、环境科学、能源、生物医学及生命科学、材料科学、天文学与物理科学、计算与数据处理)共35项未来10—20年间为满足欧洲科学研究需求可建设的研究基础设施,入选2006年研究基础设施路线图(表1)。

欧洲研究基础设施路线图的制定体现了ESFRI对各个领域发展状况的动态分析与展望。例如,2008路线图中对生物医学及生命科学领域有如下分析^[6]:“自从第一版路线图出版以来,生物医学及生命科学对创新的交叉研究手段有着越来越强烈的需求,如生物功能成像,化学生物学等……;新兴传染病,如病毒性出血热和病毒性脑炎,给发展中国家的经济社会发展带来了沉重的负担,它通过移民和全球旅行也给欧洲带来了威胁。这种情况表明需要对传染病病原体进行研究,有必要建立高安全级别实验室研究设施……;对海洋生物体的需求越来越强烈……”。

在该领域分析的基础上ESFRI新部署了4个设施,同时,其他领域增加6个,总计增加10个设施(表2)。建设经费总额达169.51亿欧元,年运行费用达22.1亿欧元^[8]。

在此之后,ESFRI认定在能源科学和生物医药科学领域仍然有一些缺口,因而在2009年发布了该领域的项目建议征求书,在收集的22个建议中进行了详细评审,遴选出6个项目入选2010年

表1 2006年欧洲研究基础设施路线图项目

社科与人文	环境科学	能源科学	生物医学及生命科学	材料科学	天体及物理科学	计算与数据处理
欧洲社会科学数据档案理事会(CESSDA)	欧洲极地研究破冰船(AURORA BOREALIS)	大功率实验研究设施(HIPER)	欧洲医学先进转化研究设施(EATRIS)	极强激光基础设施(ELI)	欧洲极大望远镜(ELT)	欧洲高性能处理服务器(EU-HPC)
标准语言与技术创新(CLARIN)	欧洲多领域海底观测(EMSO)	国际核聚变材料辐照设施(IFMIF)(全球)	欧洲生物库与生物分子资源	欧洲同步加速辐射设施(ESRF)升级	反质子与离子研究设施(FAIR)	
艺术与人文科学数字资源基础设施(DARIAH)	欧洲空载研究舰队(EUFAR)	朱尔斯-霍洛维茨反应堆(JHR)	欧洲生命科学样本(老鼠)资源与研究基础设施(INFRACFRONTIER)	欧洲散裂中子源(ESS)	立方公里中微子望远镜(KM3NET)	
欧洲人文与社会科学资源观测站(EROHS)	全球海洋观测基础设施(EUROARGO)(全球)		临床试验与生物疗法基础设施	欧洲X-射线自由电子激光器(XFEL)	平方公里射电望远镜阵列(SKA)(全球)	
欧洲社会调查(ESS)	欧洲全球观测现役航天器(IAGOS-ERI)(全球)		结构生物学基础设施	劳厄-兰格研究所设施升级(ILL20/20)	放射性离子加速束发生系统-II(SPIRAL2)	
欧洲人口健康状况、老龄化以及退休情况调查(SHARE)	综合碳监测系统(ICOS)(全球)		欧洲生物信息学基础设施升级	红外线到紫外线和弱X射线自由电子激光器(IRUVX-FEL)		
	生物多样性研究基础设施网(LIFE WATCH)			欧洲纳米结构研究基础设施(PRINS)		

路线图,分别是用于聚光型太阳能热发电的欧洲太阳能研究基础设施(EU-SOLARIS)、多功能高科技应用混合型研究用核反应堆(MYRRHA)、欧洲风监测设施(Windscanner)、欧洲生态系统分析与实验研究基础设施(ANAE)、系统生物学设施(ISBE)和微

生物资源研究设施(MIRRI)。2010年路线图设施的总建设经费达200亿欧元左右,年运行成本约20亿欧元。

值得注意的是,入选路线图的设施并不意味着一定给予持续支持,ESRFI会对前一版路线图中的设施在技术、财务、法律谈

表 2 2008 年欧洲研究基础设施路线图新增项目

环境科学	能源科学	生物医学及生命科学	材料科学	天体及物理科学
欧洲非相干散射 雷达系统升级 (EISCAT_3D Up- grade)	欧洲二氧化碳捕获 与存储实验基础设 施(ECCSEL)	欧洲海洋生物资源中心(EMBRC)	欧洲磁场实验室 (EMFL)	契伦科夫望远 镜阵列(CTA)
欧洲板块观测系 统(EPOS)		欧洲化学生物学开放筛选平台设 施(EU-OPENSREEN)		
斯瓦尔巴北极地 球综合观测系统 (SIAEOS)		欧洲生物医学成像设施(EuroBio- Imaging)		
		欧洲生物安全 4 级实验室(High Security BLS4 Lab)		

判等方面取得的进展进行评估从而进行取舍。2010 年路线图移除了两个项目：“泛欧纳米结构研究基础设施”(PRINS)和“欧洲极地研究破冰船”(AURORA BOREALIS)。路线图对这两个项目的分析认为：PRINS 采用当前的分布式部署是个错误，网络式应该是更为适合的方式；而 AURORA BOREALIS 的项目资金不可能在接下来的若干年内筹措到位^[7]。

4 欧洲研究基础设施路线图制定的意义

(1) 欧洲研究基础设施路线图通过统筹资源，引导建设赋予欧盟标志的大型研究基础设施，旨在把欧洲打造成对世界科技界具有吸引力、卓越开放、充满活力、世界一流的研发创新环境和区域，将欧洲各国的资源整合为全欧洲的共同成果，体现了整个欧洲的利益。

(2) 欧洲研究基础设施路线图在全球范围内获得了巨大影响。路线图在经济合作与发展组织(OECD)全球科学论坛上(GSF)得到讨论，使欧洲在制定政策和倡议方面处于重要位置，有助于增强对世界级科研人员和工业界的吸引力。

(3) 欧洲研究基础设施路线图促使欧洲多个国家制定自己的国家级路线图，促进欧洲科学团体制定学科路线图，如欧洲核子研究中心(CERN)

的粒子物理战略，欧洲核物理合作委员会(NU-PECC)的核物理战略，欧洲天文网络(AstroNet)的天文路线图，欧洲天体粒子物理研究(ASPERA)的天体粒子物理路线图等。

(4) 路线图中许多计划的规模和范围都是全球性的，促进了国际合作的进行。ESFRI 与澳大利亚、中国、印度、日本、俄罗斯、南非和美国等国商讨建立全球性的研究设施。研究设施出现越来越多的国际合作，如：位于法国 Cadarache 的国际热核聚变实验堆(ITER)，位于欧洲核子研究中心的大型强子对撞机(LHC)，以及全球海洋实时观测网(ARGO)等。

5 我国设施规划及路线图工作的实施情况

“十一五”之前，我国重大科技基础设施累计投资 50 多亿元，建设了北京正负电子对撞机、长短波授时系统、中国遥感卫星地面站等几十个设施，这些设施使我国相关领域的创新能力和国际竞争力得到极大增强，为基础科学研究、国家安全、灾害监测、资源勘查、生态调查等提供了重要的技术支撑。但这些设施的提出大多是单个地“自下提出，由上决策”，由于缺乏总体考虑，容易造成科学布局 and 地域布局的不合理。随着重大科技基础设施在我国科技发展和国民经济中的作用显著提

升,设施规划的重要性也逐步凸显,它是落实科教兴国战略的重要举措,对保障国家重大科技基础设施健康发展的迫切需要,具有重要的战略意义。

近年来,国家重大科技基础设施的规划工作取得重要进展。“十一五”国家安排中央投资60多亿元启动建设了散裂中子源、强磁场装置、大型天文望远镜、海洋科学综合考察船、航空遥感系统、结冰风洞、大陆构造环境监测网络、重大工程材料服役安全研究评价、蛋白质科学研究设施、子午工程、极低频探地工程、农业生物安全研究设施等12项设施。之后,国家发改委会同科技部、财政部、教育部、中科院、中国工程院、国家自然科学基金委员会、国防科技工业局、总装备部9个部委首次制定了我国重大科技基础设施中长期发展规划^[9],规划工作经征求项目建议、专家初评、复评、终评等阶段,根据战略性、科学性、整体性考虑,结合各项目科学目标、建设方案可行性、经费预算等方面进行遴选。“十二五”重大科技基础设施规划拟推16个建议项目,投资力度将大幅增加,我国重大科技基础设施建设将迈入全面快速发展的新阶段。

将路线图方法应用到重大科技基础设施规划中是我国设施规划工作的一项重要进展。2007年,中科院启动并组织开展了中国至2050年重要领域科技发展路线图战略研究,分18个领域。历经一年多的研讨,终以“《创新2050:科学技术与中国的未来》中科院战略研究系列报告”的形式陆续出版。其中《中国至2050年重大科技基础设施发展路线图》^[10]从粒子物理、核物理、核能源领域,天文与空间科学领域,多学科研究平台,生命科学与生物技术,资源环境与生态,高技术及其他共6大领域,对我国重大科技基础设施的总体构想、近(2020年前

后)中(2035年前后)远(2050年前后)期发展目标及方向进行了分析与展望,对建议的重大科技基础设施的科学目标、科学意义、可实施性、研究基础、阶段计划等进行了论述,对我国今后重大科技基础设施的规划具有里程碑式的意义。从内容上看,该路线图凝练出未来我国将要建设的重大科技基础设施的咨询建议书,将成为今后部署项目的重要指南,具有重要价值;从制定过程看,该路线图是汇集各领域专家经过多次研讨形成共识的结果,在把握设施未来发展方向和战略上更具针对性和准确性,为我国“十二五”规划的制定奠定了重要的研究基础和队伍基础;在规划管理方面,该路线图也极大提升了我国重大科技基础设施规划的执行和实施能力。

6 启示与展望

我国重大科技基础设施路线图的制定起步较晚,缺乏专门的制定机构,尚未形成健全的制定程序和章程,应充分借鉴国外经验,结合我国国情进一步发挥路线图在设施规划中的作用。

6.1 用路线图方法制定未来重大科技基础设施规划

路线图的制定对提高我国重大科技基础设施规划的效力至关重要,重大科技基础设施路线图体现了众多领域专家对科技前沿发展的分析与判断,同时也体现了国家的意志。通过路线图能够明确未来重大科技基础设施的发展方向、核心科学问题和关键技术问题,及实施路线图的相关配套政策和途径。因此,(1)我国应把路线图的制定作为长期性的规划工作。需站在国家需求的高度,审视过去、放眼未来、立足基础性、战略性、前瞻性科技问题来部署新的设施,同时兼顾旧设施的改造提升。(2)统筹规划,解



中国科学院

决当前设施学科布局 and 结构尚不合理的地方。目前我国设施在部分战略性领域和交叉学科方面的布局还较为薄弱,地域分布不平衡,且尚未形成多个设施群支撑下的大型综合科研基地,应重点解决这些问题。(3)凝练国际合作的方向和重点。重大科技基础设施的发展愈来愈凸显全球化的特点,目前世界上很多设施的建造和运行都是依靠国际合作完成的,我国已在大强子对撞机(LHC)、国际热核聚变实验堆计划(ITER)等大科学工程的建造方面发挥了重要作用,但参与的强度和贡献度还有待提升,应积极部署此类设施,提高国际影响力。(4)定期进行更新。应加强对已入选设施的评估,密切关注、深入剖析,根据世界科技发展趋势、国家政策和领域发展动态,以及设施自身进展情况等进行调整,才能有效发挥路线图对重大科技基础设施决策和规划的重要支撑作用。

6.2 建立完善的路线图的制定程序和规章制度

设施路线图内容的科学严谨性和对战略规划的重要性决定了其制定过程的复杂性和系统性,应当完善制定过程以提高路线图制定效率和质量。路线图的形成过程也是战略研究的过程,路线图制定工作的规范化将促进形成持续战略研究的机制,也必将为设施规划的完善奠定坚实的研究基础。建议:(1)成立专门的路线图制定机构,设置规范的程序和章程。尤其加强路线图专家库的建立,逐步形成一支具有战略眼光、学科领域全面的高端专家队伍;(2)引导专家队伍的沟通与协调,通过开展各种研讨会,促进同领域内部的交流、领域组之间的交流,专家与路线图组织方之间的交流。吸纳国外专家的意见,使路线图更具综合性,含金量更高,成为向国家献言建策的依据,发挥宏观指导作用。

6.3 多层面协调管理,保证路线图的有效实施

路线图的制定不单是一份文件或书籍的形成和发布,制定的最终目的是发挥它的作用,因此需要相关部门的落实和保障才能充分发挥它的效力。重大科技基础设施路线图囊括了未来几年、

甚至几十年各学科领域拟解决的重大科学问题及拟形成项目的设施,这些设施能否按路线图规划的时间节点展开建设,达到预期的科学目标,需要多方的努力和配合,包括国家部委的统筹规划和资金支持,项目承担单位的积极部署,共同建设单位之间的协调合作,与地方政府的沟通交流。重大科技基础设施肩负的使命重大、技术集成度大、投资大、队伍规模大,从预研到建造到运行,每个阶段都涉及多方面的管理内容,如计划管理、采购管理、经费管理、人力资源管理、资产与知识产权管理等,会遇到技术、财务等方方面面的困难,需要相关部门协力解决,确保设施的顺利实施。

我国重大科技基础设施的发展在很大程度上影响着国家创新体系的建立,因此加强重大科技基础设施的规划工作刻不容缓,我们应抢抓机遇,前瞻布局,思考世界科技发展的大趋势,凝练未来创新战略目标,形成有宏观指导作用的路线图,促进设施规划体系的建立,确保我国重大科技基础设施在强有力的规划部署下健康有序地发展。

参考文献

- 1 张凤.科技路线图研究的方法与实例。“2010 年中日女科学家研讨会”的特邀报告. 2010.
- 2 Large Facility Strategic Road Map, OST, Jun 2001.
- 3 Facilities for the Future of Science A Twenty-Year Out-look, Office of Science, DOE, Nov 2003.
- 4 2008-US Particle Physics Scientific Opportunities- A Strategic Plan for the Next Ten Years.
- 5 European Roadmap for Research Infrastructures Reort 2006, ESFRI, Sep 2006.
- 6 European Roadmap for Research Infrastructures-Roadmap 2008, ESFRI.
- 7 Strategy Report on Research Infrastructures- Roadmap 2010, ESFRI.
- 8 胡智慧. 世界主要国家应对经济危机的科技创新战略. 科学对社会的影响, 2010(04): 16-19.
- 9 罗小安,杨春霞. 中国科学院重大科技基础设施建设的回顾与

思考. 中国科学院院刊, 2012, 27(6): 710-716.
10 中国科学院大科学装置领域战略研究组. 中国至 2050

年重大科技基础设施发展路线图. 北京: 科学出版社, 2009.

Development and Revelation of European Roadmap for Research Infrastructure

Chen Juan¹ LuoXiaoan² Fan Xiaoxiao¹ Yang Chunxia¹

(1 Office of Large Scientific Facilities, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China

2 Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract This paper firstly researches and analyzes the institution, procedures, project overview, and the meanings of developing research infrastructures roadmap by the Council of the European Union. Then elaborates the development status of China's large research infrastructures. Finally, on these bases, proposes the suggestions. Firstly, plan the large research infrastructures by the roadmap methodology and update the planning regularly, establish the new facilities based on the fundamental, strategical, and forefront scientific issues to improve the current framework of infrastructures and to concrete the directions and the key points of international collaboration. Secondly, improve the procedures and regulations to set up the roadmap, including the special institution, the standard procedures and rational regulations, and the database of experts. Lastly, support the implementation of roadmap through collaboration.

Keywords research infrastructures, large research infrastructures, roadmap, Council of the European Union, planning on infrastructures, 11th Five-Year Plan

陈娟 中科院大科学装置办公室助理研究员, 理学硕士。主要从事中科院重大科技基础设施管理与宣传工作。参与重大科技基础设施管理文件的制定, 负责重大科技基础设施网站维护, 负责相关资料撰写、整理、编印及数据统计工作, 共翻译国外大科学工程管理文件 10 余万字。E-mail: chenjuan@ihep.ac.cn

罗小安 中科院高能物理所副所长, 研究员, 管理学硕士。主要从事重大科技基础设施的规划、建设、运行等管理研究。曾经从事加速器物理与技术的研究工作; 负责管理北京正负电子对撞机的运行及升级改造, 担任运行负责人和副总工程师; 负责北京正负电子对撞机重大改造工程的建设管理, 担任工程办公室主任; 负责中科院科研基地的日常管理工作, 担任计划财务局科研基地处处长。E-mail: luoxa@ihep.ac.cn



中国科学院