
面向 2030 打造上海重大科技基础设施 集群的若干思考

孙蔚¹

（上海投资咨询集团有限公司 200042）

【摘要】：经过“十三五”时期的大力发展，上海重大科技基础设施建设取得了显著进展，初步形成具有一定国际影响力的集聚化态势的大设施群。面向 2030 年，应密切围绕我国重大战略需求，谋划好上海重大科技基础设施集群建设目标和指导原则，在光子、生命等领域基本建成布局完整、技术先进、高效运行、支撑有力、效益明显的重大科技基础设施集群，创新相关建设管理运行机制。

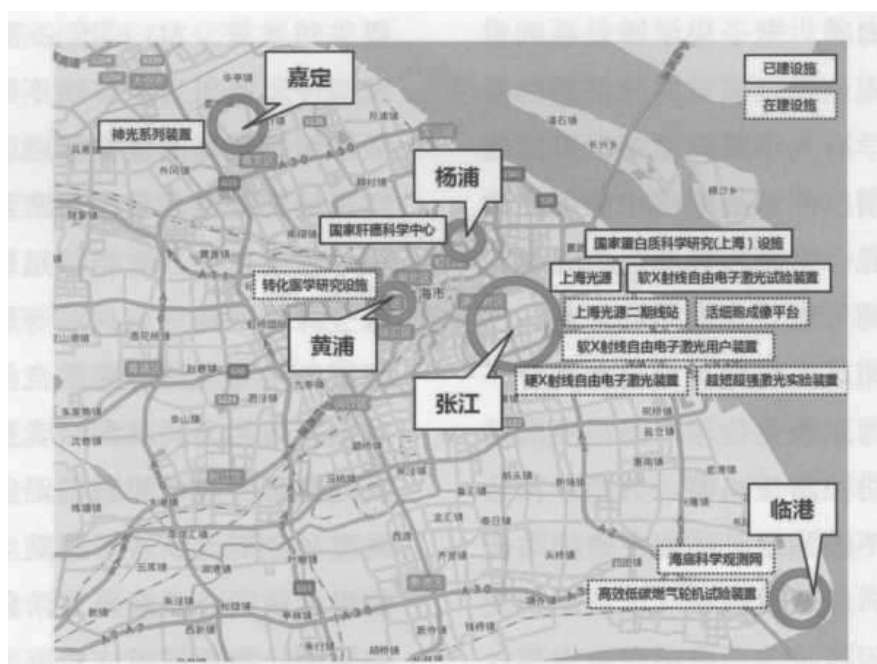
【关键词】：重大科技基础设施 集群建设 机制创新

一、上海重大科技基础设施发展基础

经过“十三五”时期的大力发展，上海重大科技基础设施建设取得了显著进展，建成和在建大设施有 14 个，数量、投资金额均领先全国，初步形成具有一定国际影响力的集聚化态势的大设施群。大量国际顶尖水平的科学研究工作正在开展，技术水平基本进入国际先进行列。

从建设与推进进度来看，上海的国家重大科技基础设施自上世纪八十年代开始建设，起步较早，覆盖时间跨度较大。从建设与运营主体来看，广泛分布于中国科学院相关院所、高校及医院。从学科与专业领域来看，项目主要涉及光子科学（物理与物质科学）、生命科学、能源科学、地球系统与环境科学。从设施项目投资规模来看，规模较大，总投资合计约 200 亿元。

作者简介：孙蔚，高级经济师，上海投资咨询集团有限公司副总经济师兼产业科技部主任。



上海市已建和在建重大科技设施分布图

上海已建及在建重大科技基础设施清单

序号	领域	大设施名称	建设单位	状态
1	光子科学 (集群)	神光 I 高功率激光实验装置	中国科学院上海光学精密机械研究所	建成
2		神光 II 多功能激光综合实验平台	中国科学院上海光学精密机械研究所	建成
3		上海光源	中国科学院上海应用物理研究所	建成
4		软 X 射线自由电子激光试验装置	中国科学院上海应用物理研究所	建成
5		软 X 射线自由电子激光用户装置	中国科学院上海应用物理研究所	在建
6		硬 X 射线自由电子激光装置	上海科技大学	在建
7		超强超短激光实验装置	中国科学院上海光学精密机械研究所	在建
8		上海光源二期线站工程	中国科学院上海应用物理研究所	在建
9	生命科学	国家蛋白质科学研究（上海）设施	中国科学院上海高等研究院	建成
10	(集群)	活细胞结构与功能成像等线站工程	上海科技大学	在建

11		国家肝癌科学中心	海军军医大学	建成
12		转化医学国家重大科技基础设施	上海交通大学、瑞金医院	在建
13	能源科学	高效低碳燃气轮机试验装置	中国科学院工程热物理研究所	在建
14	海洋科学	国家海底科学观测网	同济大学	在建

二、面临的形势

（一）全球处于新一轮科技革命和产业变革的机遇期，要积极抢占国际科技竞争制高点

近年来，全球科技创新进入密集活跃期，新一轮科技革命和产业变革蓄势待发，颠覆性技术创新层出不穷，新产业、新业态相继涌现，对世界经济结构和竞争格局产生了重大影响。科技创新已成为增强综合国力和国家核心竞争力的决定性因素。世界主要国家纷纷把科技创新提升到国家战略层面，竞相出台了一系列促进科技发展的战略规划。如，美国发布《科学与国家利益》《技术与国家利益》，日本颁布《科学技术基本法》，法国出台《国家创新计划》等。

总体来看，谁下好了科技创新这步先手棋，谁就能在激烈的国际竞争中占领先机、赢得优势。因此，我国要紧紧把握新一轮科技革命和产业变革的重要机遇期，积极抢占国际科技竞争制高点。未来经济社会发展对于战略科技支撑的需求更加迫切，重大科技基础设施建设面临机遇与挑战并存。

一是物理物质、光子科学等一系列重大科学问题的原创性突破正在开辟新的前沿和方向，科学研究不断向微观世界深化拓展，如支撑国家能源战略需求的惯性约束、高功率激光、射频超导加速单元等。

二是生命科学等领域正在向药物靶向、综合平台等领域拓展，研究目标日益综合，如计算生物学与系统生物学，蛋白质的活体成像、肿瘤防控新策略等。

三是学科分化与交叉融合不断加快，体现在空间与天文的交叉融合，地球系统与环境科学的交叉融合以及工程技术等领域的综合发展，为新光源、核材料探测与处理、核医学等重大应用带来变革性推动，从更加广泛的应用领域来看，含生命科学、材料科学、分子环境科学、凝聚态物理、生物医药、石化及化学工业等。以上科学前沿的革命性突破越来越依赖于重大科技基础设施提供综合性极限研究手段。

（二）我国处于建设世界科技强国的关键期，要加快构筑强大的科技实力 and 创新能力

经过多年的发展，我国创新型国家建设成效显著，产业各领域各环节的技术突破进一步加快，部分领域取得重大创新成果，“两弹一星”、杂交水稻、胰岛素、青蒿素、天宫、蛟龙、天眼、悟空、墨子、大飞机等重大科技成果相继问世，实现了产业技术水平由“跟跑”为主向“跟跑加快、并跑增多、领跑涌现”的新阶段转变。

以我国自主研制的复兴号为代表的高速动车组整车性能及关键系统技术达到世界先进水平。5G 标准必要性专利数量全球第一，人工智能算法不断创新迭代，打下了引领全球的坚实基础。生物医药领域实现局部突破。量子保密通信、超级计算机、载人航天、射电望远镜、北斗导航、深空深海深地深蓝探测等领域成果丰硕。

我国与主要发达国家的竞争格局正在从梯队追赶转化为局部同台竞技，许多重大创新处在世界攻坚突破前沿，许多重大问题需要独创研究解决，追随者开始向领跑者转型，迈向高质量发展阶段的创新支撑越来越强。与此同时，也要充分认识到，我国在基础零部件、关键材料、先进工艺、产业技术等基础领域对国外依赖度依然很高，且发达国家对我国“卡脖子”技术的封锁力度日益加大，一旦发达国家“断供”，将对我国产业链安全带来巨大风险。在当前我国科技实力处于从量的积累向质的飞跃、点的突破向系统能力提升的关键期，科技创新亟需从内部求变，要加快构筑强大的科技实力和创新能力。

（三）长三角处于国家区域一体化战略的推进期，要率先构建我国区域协同创新共同体

从经济全球化和区域经济一体化的发展进程来看，科技创新日益成为区域竞争的新焦点、区域合作的新内容和区域增长的新引擎。长三角地区一体化发展上升为国家战略后，对于长三角促进产业协同布局、打造世界级产业集群起到极大的作用，上海在引领和服务长三角产业发展中涌现更多机会。

构建长三角区域创新共同体，是推进长三角更高质量一体化发展的重要组成部分，对于发挥各地区比较优势、优化科技创新资源区域配置、提升区域科技创新能力和产业竞争力、落实长三角区域一体化发展国家战略部署具有重要意义。与此同时，区域一体化在交通便捷化、政策扁平化、市场自由化的背景下，也存在新一轮资源配置和要素流动的潜在需求，在率先推动构建我国区域协同创新共同体的同时，上海也需警惕人才、资金、项目等单向外流风险，从高端产业发展、创新资源布局等方面强化对创新要素的吸引和集聚。

（四）上海进入科技创新中心建设的攻坚期，要着力强化科技创新策源功能

自 2014 年习近平总书记要求上海加快向具有全球影响力的科技创新中心进军以来，上海科技创新中心已经走过了七年发展历程，取得了一系列实质性突破，重大成果不断涌现。根据《2020 全球科技创新中心评估报告》显示，上海科创中心综合排名由 2018 的 17 位上升至 2020 的 12 位。

在国家重大战略和世界前沿领域不断涌现具有国际影响力的原创成果，论文、专利等学术成果数量快速增长。“科改 25 条 科创若干意见 科创条例”等的相继制订，标志着上海科创中心基本框架体系初步形成，也预示着上海科创中心建设将进入能力建设的关键攻坚期。

国家层面不断加大对于科技创新的重视与支持力度，国内各城市也逐渐将科技创新作为工作重心，形成“百舸争流”的局面，上海作为科技创新中心建设的先行者，要着力强化科技创新策源功能，以更强担当满足国家提出的更高要求，以“逆水行舟用力撑”的决心和实际行动，推动上海具有全球影响力的科技创新中心建设迈上新的台阶，继续领跑国内科技创新发展。

我国和上海的科技发展正处于从量的积累向质的飞跃、点的突破向系统能力提升的重要转折期。针对上述新的发展形势，必须顺应全球科技发展趋势，围绕我国重大战略需求，着力解决上海重大科技基础设施发展方面存在的问题，包括设施大部分规模偏小、技术水平以跟踪为主、集群效应未形成、国际话语权弱、国际影响力成果产出有限、产业拉动效应不足等。采取创新举措，从顶层设计和创新机制方面解决以上问题。

三、发展目标和原则

上海重大科技基础设施目标为：到 2030 年，重大基础设施努力做到“建设好、使用好、效益好”，在科学发展的主流方向上取得一批具有重大影响的创新成果，在物理及物质、生命、材料、能源、信息等领域基本建成布局完整、技术先进、高效运行、支撑有力、效益明显的重大科技基础设施集群。

发展原则：一是支撑上海、服务全局。重大科技基础设施建设是上海科创中心建设的重要载体，是国家创新体系的基础平台、科学研究的制高点、经济发展的原始动力源，是依托世界级重大科技基础设施集群建设，充分发挥大设施集群“1+1>2”的交叉集成作用，代表世界领先水平的基础科学研究和重大基础研发的大型开放式研究基地。同时，重大科技基础设施面向国家需求，服务国家战略，解决国家发展中的相关重大科技问题，是国家基础设施、国家创新体系的重要组成部分，是实施创新驱动发展战略、加快建设创新型国家的重要推动力量。

二是瞄准前沿、重点突破。重大科技基础设施是科技前沿重大突破的必要条件。在新时期下，人类对自然的认识和利用自然规律的能力正面临新的突破，迫切需要功能更加强大的科技基础设施，以支撑相关前沿科技领域的突破。以关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新为突破口，集中优势资源，加快重大科技基础设施建设，努力实现关键核心技术自主可控，把创新主动权、发展主动权牢牢掌握在自己手中。

三是因地制宜、分批布局。加强上海在物理及物质、生命、能源等优势领域的发展，重点发展地球系统与环境、信息技术及工程技术、空间和天文等科学领域。结合实际，从新建、预研、改造三个层面对重大科技基础设施进行分批布局。

四是创新机制、激发潜能。推进自主创新，最紧迫的是要破除体制机制障碍，最大限度解放和激发科技作为第一生产力所蕴藏的巨大潜能。全面深化科技体制改革，提升创新体系效能，着力激发创新活力。坚持科技创新和制度创新“双轮驱动”，以问题为导向，以需求为牵引，在实践载体、制度安排、政策保障、环境营造上下功夫，在创新主体、创新基础、创新资源、创新环境等方面持续用力。建立健全科技机制、创新型人才培养，充分激发科研人员开展原创性科技创新。

四、面向 2030 丰富上海重大科技基础设施内涵建设

（一）总体建成最强大的光子领域大设施群

光子领域大设施基础较好，大设施群初步成型。目前，硬 X 射线自由电子激光装置加速器模组等样机和关键部件研制取得重大进展，软 X 射线自由电子激光试验装置出光并达到设计指标，基本具备验收条件，光源二期首批线站、超强超短激光实验装置预计 2021 年建成开放。“十四五”期间，建议加快用好已建、推进在建及规划的光子大设施，力争总体建成全球规模最大、种类最全、功能最强的光子大设施集群，大力提升我国光子领域的国际话语权。

（二）率先构建最完整的生命科学领域大设施群

生命科学领域资源好，已基本具备构建生命科学领域大设施群的基础和雏形，但现有设施规模小、主体和布局分散、开放共享程度低。“十四五”期间，建议构建全球首个生命科学领域从基础理论到应用技术最为完整的全流程闭环研究设施群，打通生命科学创新链的研究方法、研究体系、资源平台等各环节。

从分子、细胞、组织、个体和群体，全方位支撑生命科学研究向复杂宏观和微观两级发展，并实现有机统一，主要依托蛋白质中心、电镜中心、医学影像集成创新中心、系统生物学等设施。系统认识人类生命发展、疾病发生、药物治疗机理、生物系统运动规律发展规律，主要依托药物靶标科学设施、先进生物药研究设施、转化医学中心等设施；构建生命科学研究所需的科学数据、生物样本和各类化合物等基础资源，主要依托生物医学大数据、生物样本库、化合物库和糖类药物资源库等设施。

通过建立健全这一全球最完整的生命科学大设施群，探索生命奥秘科学问题，突破生命健康、新药创制、普惠医疗中的重大科技瓶颈。促进生物医学基础研究、药物研发和临床诊疗深度结合，将上海打造成全球生命科学和生物医药领域科学家和企业家长向的地区。

（三）提前谋划、尽早布局面向 2030 的能源、海洋、空天等领域大设施群

能源科学领域，提前谋划布局涵盖核能、传统能源和未来新型能源等方向，为能源和节能储能等技术变革提供支撑。核能源方面，在规划的小型模块化钍基熔盐堆研究设施基础上，进一步布局高效安全可控聚变设施；传统能源方面，在已布局建设的高效低碳燃气轮机试验装置基础上，规划二氧化碳捕获利用和封存研究设施；在新兴能源方面，布局氢能、海洋能及相关能量捕获、储能、转换研究设施。

海洋科学领域，提前谋划布局深远海、极地海域、海洋工程装备技术等领域的设施，为国家海洋安全、海洋资源与能源开发、海洋装备技术发展提供支撑。充分利用上海航运中心、船舶海工产业基础、海洋科考等综合优势，在已布局的海底长期观测网基础上，规划建设深远海全天候驻留浮式研究设施。空间和天文领域，探索长三角区域协同的空天领域大设施群。

基于上海天文台、微小卫星中心、技物所、李政道研究所、航天八院等机构，结合长三角区域的紫金山天文台、南京大学、中电 23 所等优势，进一步集聚资源，谋划布局未来发展方向。

五、创新重大科技基础设施管理机制

（一）创新大设施策划发现遴选机制

建议创新建立未来大设施“自上而下和自下而上相结合”的策划发现遴选机制。对于面向重大战略需求、公共平台类，采取自上而下，由主管部门制定建设规划、发起设立，定期引入国际高端战略科学家决策咨询，结合全球科技发展前沿趋势研究，全面参与建设规划制定，明确需要重点主攻的方向及细分领域，可采用部署揭榜工作重点任务的方式，建立由上海牵头攻克相关领域的举国体制，包括相关工作体系和运行机制。

对于面向科技前沿自主探索类，采取自下而上，在宏观目标导向基础上，由各家研究提出，主管部门通过设立储备项目库动态调整机制，适时择优研究遴选推荐申报国家重大科技基础设施项目后设立。对于面向经济主战场类，采取上下结合，引入重点企业深度参与，提出产业发展的变革性和核心关键技术研发需求。

（二）发挥设施溢出效应，形成产业发展的源头技术供给和战略技术储备

围绕上海三大核心产业，布局产业重点需求的科技攻关任务，形成助力产业发展的“攻关利器”，实现科学的社会效益向经济效益正面溢出。建议建立大设施面向企业开放的鼓励政策，制定符合企业特点的设施使用申请规则，在科学研究机时之外预留合理的企业机时比。

加强向企业使用对象的推广宣传，制定科学公开的收费机制，研究可对企业提供的增值服务。鼓励科学家与企业共同申报国家和地方重大课题，在大设施上开展产业变革性前瞻技术研究挑战前沿科学难题，提出更多原创理论和原创发现，为后续发展提供持续不断的发展动力。制定企业深入参与设施谋划布局工作，使大设施从设计之初就充分考虑企业发展需求。建立与设施协同攻关的企业集群名单，提升大设施的技术自主率，并带动相关装备和核心技术企业提高产品和技术能级。

（三）完善大设施全生命周期的运行管理机制

建议完善地方政府参与大设施先期预研、规划论证、组织建设、运行管理的全生命周期制度安排，近期重点突破先期预研和运行管理阶段。先期预研阶段，充分利用现有科技计划和资金渠道，加强前瞻性、针对性、储备性大设施的谋划布局，系统安排原理探索、技术攻关、工程验证等类型的预研项目，同时为大设施的先期预研，提供充分的人才、技术和工程储备，支持设施关

键技术研究以及实验技术和实验仪器设备的研发。

运行管理阶段，加快建立健全高效的投入机制、动态调整的推进机制、开放共享的运行机制、产学研用协同的创新机制、高效规范的管理机制、灵活的人才培养和使用机制。最大程度地开放共享大设施，最大限度集成全球创新资源，同时也为积极发起和参与国际大科学计划打下硬件和软件基础，深度融入全球科技创新网络，努力实现引领性原创成果的重大突破。