

2024

## Four quadrant and double circulation: Researchon the construction path of comprehensive national science center

Zhiying LIU

*School of Management, University of Science and Technology of China, China*

Yang ZHOU

*School of Management, University of Science and Technology of China, China*

Jing HONG

*School of Economics, Hefei University of Technology, China*

Follow this and additional works at: <https://jstm.researchcommons.org/journal>



Part of the [Public Affairs, Public Policy and Public Administration Commons](#), [Science and Technology Studies Commons](#), and the [Technology and Innovation Commons](#)

---

### Recommended Citation

LIU, Zhiying; ZHOU, Yang; and HONG, Jing (2024) "Four quadrant and double circulation: Researchon the construction path of comprehensive national science center," *Journal of Science and Technology Management*: Vol. 26: Iss. 3, Article 1.

DOI: 10.16315/j.stm.2024.03.007

Available at: <https://jstm.researchcommons.org/journal/vol26/iss3/1>

This Article is brought to you for free and open access by Journal of Science and Technology Management. It has been accepted for inclusion in Journal of Science and Technology Management by an authorized editor of Journal of Science and Technology Management.

---

## Creative Commons License



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivative Works 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

## 科技创新战略与政策

文章编号:1008-7133(2024)03-0001-10

## 综合性国家科学中心“四象限双循环”建设路径研究

刘志迎<sup>1</sup>, 周洋<sup>1</sup>, 洪进<sup>2</sup>

(1. 中国科学技术大学 管理学院, 安徽 合肥 230026; 2. 合肥工业大学 经济学院, 安徽 合肥 230601)

**摘要:**科学技术已经成为影响和改变全球竞争格局的关键变量。为了强化战略科技力量,国家决策建设综合性国家科学中心,实践正在行动,理论探讨却很不够。在回顾世界科学中心转移及有关综合性国家科学中心研究既有文献的基础上,参照布鲁金斯学会提出的二维象限模式,提出了改进的四象限模型。在此基础上,对正在建设的四大综合性国家科学中心建设内容进行了归类和比较,立足于建设目标与建设实践界定了综合性国家科学中心内涵和功能,进一步提出了中国综合性国家科学中心的“四象限双循环”建设逻辑。最后,围绕建设主体、建设内容、建设逻辑、建设保障、建成运营提出了五点建设路径思考,试图打通基础科学研究、技术科学研究、技术研发、技术商业化和人才培养及科学普及的内在逻辑,为中国综合性国家科学中心建设提供参考。

**关键词:**世界科学中心;综合性国家科学中心;四象限;双循环;科技创新

**DOI:**10.16315/j.stm.2024.03.007

**中图分类号:**F 273.1 **文献标志码:**A

随着新一轮科技革命与产业变革深化发展,全球科技创新进入前所未有的密集活跃期。当今时代处在世界科学中心第6次转移过渡期<sup>[1]</sup>,世界各国都更加重视基础研究与科学技术发展,力争在科技竞争领域成为主导者<sup>[2]</sup>。习近平总书记明确指出“中国要强盛,要复兴,就一定要大力发展科学技术,努力成为世界主要科学中心和创新高地。”<sup>[3]</sup>2016年4月,国务院发布《关于印发上海系统推进全面创新改革试验加快建设具有全球影响力科技创新中心方案的通知》首次提出了建设上海张江综合性国家科学中心,此后在《国家重大科技基础设施建设“十三五”规划》《国务院关于全面加强基础科学研究的若干意见》及‘科技部、发展改革委等五部门关于印发《加强“从0到1”基础研究工作方案》的通知’等众多国家政策文件中陆续提出建设北京怀柔、合肥和深圳(后改为粤港澳大湾区)综合性国家科学中心。“十四五”规划进一步明确强调,支持北京、上海、粤港澳大湾区形成国际科技创新中心,建设北京怀柔、上海张江、大湾区、安徽合肥综合性

国家科学中心(后简称为四大中心),支持有条件的地方建设区域科技创新中心<sup>[4-5]</sup>。

面向世界科技前沿与国家重大需求,中国从顶层设计,提出建设综合性国家科学中心这一大科学工程,开展以大科学装置为基础支撑开展基础研究和原始创新<sup>[6-7]</sup>,以期成为新时期强化战略科技力量、实现科技自立自强的重要抓手<sup>[8-9]</sup>,也为实现中国成为下一个世界主要科学活动中心的目标打下坚实的基础。经过各地的统筹规划和实施建设,四大中心已经逐步启动并完成基础工程建设,但仍存在一些亟需理清的问题。虽然四大中心在建设规划上各有侧重点,各自罗列了众多主体参与中心建设,表面上看似建设内容丰富和未来作用巨大,但是从理论上如何理顺综合性国家科学中心建设逻辑及其未来如何有效地发挥作用,还是悬而未决的理论问题和实践难题<sup>[9]</sup>。基于此,本文以布鲁金斯学会的司托克斯提出的“二维象限模式”(后称“司托克斯矩阵”)为基础<sup>[10]</sup>,结合4个综合性国家科学中心的核心攻关领域与重点任务的既有设定,提出改进的司托克斯矩阵,在此基础上界定了综合性国家科学中心的内涵与功能,构建“四象限+双循环”建设路径,在理论上理清综合性国家科学中心建设逻辑与思路,给出理论性回答和具有操作性的建议。

收稿日期:2024-04-09

基金项目:国家社会科学基金重大项目(22&ZD094);研究阐释党的十九届五中全会精神国家社会科学基金重点项目(21AZD008)

作者简介:刘志迎(1964—),男,教授,博士,博士生导师;

周洋(1998—),男,博士研究生;

洪进(1965—),男,教授,博士,博士生导师。

## 1 科学研究象限模型

1945年,美国科学研究发展局局长万尼尔·布什在其发表的《科学:永无止境的前沿》一文中提出了“基础研究→应用研究→开发→生产经营”的线性模式<sup>[11]</sup>。这一观点被科学史上的众多实例证明存在着缺陷<sup>[12]</sup>。在此基础上,司托克斯提出了科学研究“二维象限模式”,司托克斯矩阵从研究“是否追求基本认识”和“是否考虑应用”2个维度将科学研究分成4类,如图1所示。理论与实践均表明,司托克斯矩阵弥补了布什线性模型的不足,阐明了科学与技术、基础研究与应用研究之间关系演变的新见解。尤其巴斯德象限的提出,更是将象限模型推向了新高度,被证明是研究与讨论有关科学的制度和政策安排的有效框架<sup>[13]</sup>。



图1 科学研究的象限模型(司托克斯矩阵)

Fig. 1 The quadrant model of scientific research (Stokes Matrix)



图2 改进的司托克斯矩阵

Fig. 2 The revised stokes matrix

## 2 综合性国家科学中心内涵与功能界定

### 2.1 综合性国家科学中心建设主体归类

基于改进的司托克斯矩阵,归类整理了四大科学中心的既有建设主体,如图3~6所示。总体来

依据司托克斯矩阵,紧密结合四大综合性国家科学中心的核心攻关领域与重点任务的既有设定,对司托克斯矩阵四象限进行了改进,提出以下4个象限,如图2所示。其中,象限I是以基础科学研究为主的象限,主要是基于大科学装置和国家实验室从事基础科学研究,向科学前沿进军,解决“卡脖子”的科学难题。象限II为技术科学研究为主的象限,重点是解决科学发现在现实中应用的原理研发,也包括解决产业现实中需要解决的关键技术而需要解决的应用科学原理问题,成为从科学到技术的“桥梁”。象限III为应用技术研发的象限,重点是开发各类新技术,既包括基于科学发现和应用原理的技术化开发,也包括面向现实需要的技术开发。象限IV为人才培养和科学普及象限,主要是技术传授、人才培养和科学普及。

看,其一,各地在申请和建设国家科学中心时,均将本地优质科学技术资源进行归类捆绑,试图能够获得批准建设,因此,导致内在科学技术研发逻辑并不一致,尚缺乏系统思考和顶层逻辑设计;其二,将大科学装置、国家实验室归类到基础科学研究为主的象限I,主要考虑的是依托大科学装置和配套的

国家实验室,为突破知识边界的基础科学研究提供基础支撑,主体任务是基础科学研究,也会有应用基础研究。象限Ⅱ虽将跨学科交叉性前沿研究划入,主体是技术科学研究,这离不开大科学装置与国家实验室在其中发挥作用。象限Ⅲ将产业创新中心和一些园区应用技术研究院所划入,主体任务是应用技术研发,并不割裂与象限Ⅰ和象限Ⅱ的内在逻辑

联系。象限Ⅳ的主体任务是人才培养和科学普及,自然也融入在前三者之中。从现有的各类主体来看,这四象限内在逻辑还是不清晰或者说没有内在逻辑关系。其四,综合性国家科学中心是一个有机的科技创新生态系统,虽然四大中心都做了很多的前期研究和可行性论证,但是就其功能和内涵还不够清晰,从而导致建设路径选择上容易出现误区。

<p>基础科学研究为主【象限Ⅰ】 (大科学装置集群、国家实验室)</p> <p>大科学装置:综合极端条件实验装置、地球系统数值模拟装置、高能同步辐射光源、多模态跨尺度生物医学成像设施、空间环境地基综合监测网(子午工程二期)、自由电子激光装置等国家实验室;多相复杂系统国家重点实验室、物质科学实验室和空间科学实验室、分子纳米结构与纳米技术国家重点实验室、先进能源动力重点实验室等</p>	<p>技术科学研究为主【象限Ⅱ】 (交叉前沿研究平台)</p> <p>脑认知功能图谱与类脑智能交叉研究平台 京津冀大气环境与物理化学前沿交叉研究平台等</p>
<p>人才培养与科学普及【象限Ⅳ】 (大学、科研院所、科学普及)</p> <p>北京大学 清华大学 中科院北京综合研究中心等</p>	<p>应用技术研发为主【象限Ⅲ】 (产业创新中心、企业)</p> <p>北京石墨烯产业创新中心、北京市医疗器械产业创新中心、清华工研院雁栖湖创新中心、北京纳米能源与系统研究院等</p>

图3 怀柔综合性国家科学中心

Fig. 3 Huairou comprehensive national science center

<p>基础科学研究为主【象限Ⅰ】 (大科学装置集群、国家实验室)</p> <p>大科学装置:上海光源线站工程、国家蛋白质科学研究设施、活细胞结构与功能成像设施、超强超快激光装置、软X射线自由电子实验装置及用户装置、硬X射线自由电子激光装置、海底长期观测网、高效低碳燃气轮机试验装置、纳米自旋与磁学线站、动力学研究线站、质子治疗装置的加速器系统等 国家实验室:张江实验室、李政道研究所等</p>	<p>技术科学研究为主【象限Ⅱ】 (交叉前沿研究平台)</p> <p>上海转化医学研究中心 国际人类表型组创新中心 中美合作干细胞医学研究中心等</p>
<p>人才培养与科学普及【象限Ⅳ】 (大学、科研院所、科学普及)</p> <p>上海科技大学 复旦大学(张江校区) 上海交通大学(张江校区) 中国航空研究院上海分院 中国科学院上海高等研究院 中国科学院上海生命科学研究院等</p>	<p>应用技术研发为主【象限Ⅲ】 (产业创新中心、企业)</p> <p>上海产业技术研究院 上海微技术工业研究院 新能源汽车及动力系统国家工程实验室等</p>

图4 张江综合性国家科学中心

Fig. 4 Zhangjiang comprehensive national science center

<p>基础科学研究为主【象限I】 (大科学装置集群、国家实验室)</p> <p>大科学装置:中国聚变工程实验堆(CFETR)、全超导托卡马克核聚变实验装置(EAST)、稳态强磁场实验装置(SHMFF)、合肥先进光源及先进光源集群(HALS)、大气环境立体探测实验研究设施(AEOS)、同步辐射光源装置、未来网络实验设施(合肥分中心)、高精度地基授时系统(合肥一级核心站)、超导质子医学加速器等</p> <p>国家实验室:量子信息国家实验室、新能源国家实验室、同步辐射实验室、磁约束核聚变实验室等</p>	<p>技术科学研究为主【象限II】 (交叉前沿研究平台)</p> <p>计算智能前沿技术中心 天地一体化信息网络工程 物质科学交叉前沿研究中心 合肥微尺度物质科学国家研究中心 国家新一代人工智能开放创新平台等</p>
<p>人才培养与科学普及【象限IV】 (大学、科研院所、科学普及)</p> <p>中国科学技术大学 中科院合肥物质科学研究院 合肥工业大学 安徽大学等</p>	<p>应用技术研发为主【象限III】 (产业创新中心、企业)</p> <p>联合微电子中心、离子医学中心、大基因中心、中国科学院合肥技术创新工程院、中科大先进技术研究院、合工大智能制造研究院、安徽工业技术创新研究院、哈工大机器人(合肥)国际创新研究院等</p>

图 5 合肥综合性国家科学中心

Fig. 5 Heifei comprehensive national science center

<p>基础科学研究为主【象限I】 (大科学装置集群、国家实验室)</p> <p>大科学装置:脑解析与脑模拟设施、合成生物研究设施、材料基因组平台、空间引力波探测地面模拟装置、多模态跨尺度生物医学成像装置、空间环境与物质作用研究、深圳国家基因库、国家超级计算深圳中心、精准医学影像大设施、未来网络基础设施、先进表征综合粒子设施、空间环境地面模拟装置深圳拓展设施等</p> <p>国家实验室:鹏程实验室、深圳湾实验室、肿瘤化学基因组学国家重点实验室等</p>	<p>技术科学研究为主【象限II】 (交叉前沿研究平台)</p> <p>生物学研究平台 精准医学与大数据前沿交叉研究平台 脑认知功能图谱与类脑智能交叉研究平台等</p>
<p>人才培养与科学普及【象限IV】 (大学、科研院所、科学普及)</p> <p>中山大学深圳校区 中国科学院深圳理工大学等</p>	<p>应用技术研发为主【象限III】 (产业创新中心、园区企业)</p> <p>中国科学院深圳先进技术研究院、广州生物医药与健康研究院、深港科技创新合作区深圳园区、综合性国家科学中心开放创新先导区等</p>

图 6 粤港澳大湾区综合性国家科学中心

Fig. 6 Greater Bay Area comprehensive national science center

## 2.2 综合性国家科学中心内涵界定

围绕综合性国家科学中心的内涵,王智源<sup>[14]</sup>最早将其描述为“经国家法定程序批准设立的,依托先进的国家实验室、创新基地、产学研联盟等重大科技基础设施群,支持多学科、多领域、多主体、交叉型、前沿性基础科学研究、重大技术研发和促进技术产业化的大型开放式研发基地”。钱智等<sup>[15]</sup>、顾志恒<sup>[16]</sup>指出综合性国家科学中心不同于以往的协同创新中心,也不是数个科研基地简单拼凑,它是国家创新战略和区域创新发展的体现和推进,是重大科

研创新硬件和政产学研多元创新主体的系统集成。它是科研基础设施、协同创新平台、科研创新主体、中介服务机构和创新生态系统组成的有机整体,其建设需要遵循科学的路径<sup>[17]</sup>。基于已有文献基础,本文认为综合性国家科学中心是聚焦基础科学领域,重点开展基础科学研究与技术科学研究,同时兼顾应用技术研发与研发成果商业化,并具有一定科学普及教育功能的优势科技创新资源要素集合的科技创新生态系统,如图 7 所示。

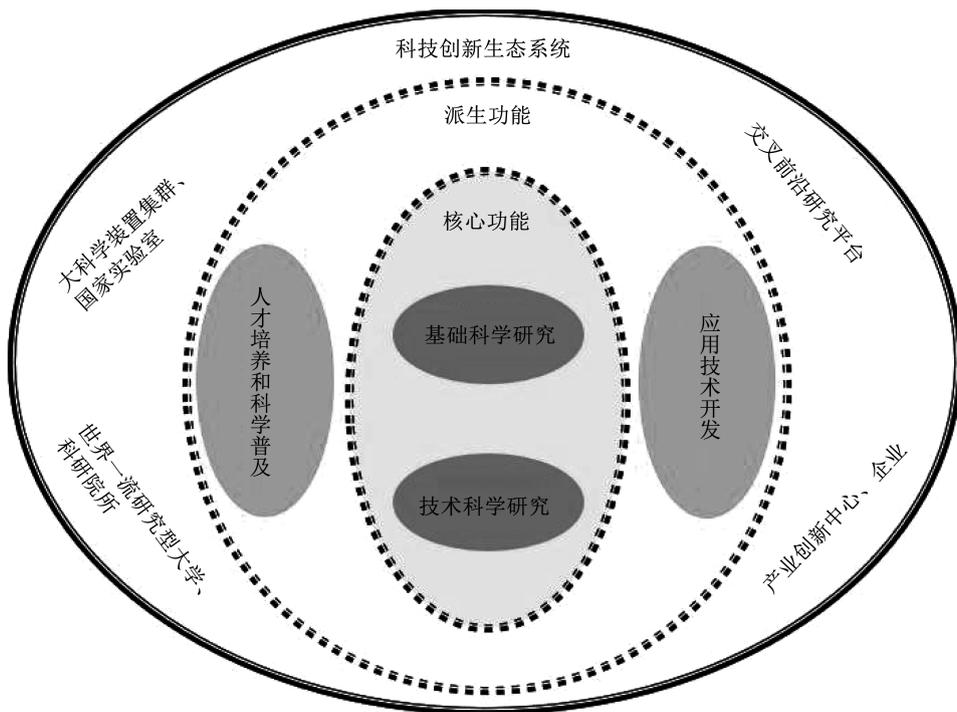


图7 综合性国家科学中心的科技创新系统观

Fig. 7 The science and technology innovation system view of comprehensive national science center

这一定义强调了3个方面:第一,突出了综合性国家科学中心的科学研究性质。其首要定位是加强基础科学研究;另一个重要定位就是技术科学研究,从重大科学发现走向经济社会应用,仅仅停留在发表科学发现的论文是不够的,需要找到应用场景,并从科学发现向应用原理探索推进,也就是技术科学研究。第二,明确了综合性国家科学中心的综合性。无论是基础科学研究,还是技术科学研究,其目的是要为经济社会发展服务,这就要求向产业技术研发推进,同时为社会培养高层次人才,能够向全社会进行科学普及。基础科学研究和技术科学研究是国家科学中心的两大基本任务与核心功能,但科学活动本身必然派生出技术研发、人才培养和科学普及等派生功能。第三,指明了综合性国家科学中心是重大科技创新资源要素集合的科技创新生态系统。从四大中心建设内容看,涉及到大科学装置集群、世界一流研究型大学、顶级科研院所(含实验室和研发平台)、顶级企业研发中心等4类主体,是科学技术研发所涉及的重要科技资源要素有机集聚的科技创新生态系统,包括有内在逻辑联系(2个循环)的4个子系统(即4个象限)。这表明综合性国家科学中心不是具体的法人机构或园区,而是按照科技创新(STI)内在规律进行有意识、有规划、有目标进行建设的科技资源要素集合的科技创新生态系统。

值得一提的是,目前最易与“综合性国家科学

中心”混淆的概念是“科技创新中心”。严格来讲,科技创新中心与综合性国家科学中心并非同一概念,两者在内涵、特征、功能等方面存在差异,但都对大科学时代特点和全球创新发展的空间异质性有所反映<sup>[7,18]</sup>。有学者指出,科技创新中心是综合性国家科学中心的理论和实践来源<sup>[19]</sup>,两者在地域上和功能上均有差别。科技创新中心大而全,一般对应的是整个城市或城市群的发展战略,而综合性国家科学中心小而专,依托特定科学城,以大科学装置为主开展基础科学研究、重大技术研发和促进技术产业化<sup>[20]</sup>。本文聚焦综合性国家科学中心,旨在探讨综合性国家科学中心的建设逻辑与思路。

### 2.3 综合性国家科学中心功能阐述

从综合性国家科学中心的建设目标与实践来看,其主要有四大功能,即追求科学发现的知识创新、强调基于科学发现的应用原理创新、基于新知识新原理的产业技术创新、人才培养和科技传播的科学精神引领。

首先,综合性国家科学中心作为知识创新的源头,是集知识创造、知识整合与知识溢出为一体的大型科研装置和机构集聚的综合性平台<sup>[21]</sup>。综合性国家科学中心依托大科学装置集群、国家实验室等核心要素,吸引了全球高水平科技研究人才,在开展基础科学研究等产生了一批重大原创科学成果,将会成为重大理论发现或原始创新的驱动力量,而基

基础科学研究能够获得关于现象和可观察事实的基本原理的新知识(揭示客观事实的本质、运动规律、获得新发展、新学说)。

其次,依据科学新发现,探索现实应用价值和场景,建立以应用为导向的技术科学原理,为下一步的技术创新奠定原理性基础。无论基础科学研究与应用基础研究是否有明确的边界,两者从本质上来说,还是有明显的差异。如科学家已经认识到“量子纠缠”现象,但是如何将这一现象变成可以为人类造福的应用原理还没有得到很好地解决。所谓“巴斯德象限”就是解决技术科学问题,为人类探索科学发现的应用原理。综合性国家科学中心集聚了大量一流科学家,会从基础科学研究向应用原理推进,从科学为人类造福的视角,开展基于科学发现的应用原理创新性研究,这也是综合性国家科学中心应该具备的功能。基础科学研究成果是“单点突破”,而后来在现实中的应用则需要多学科的“综合交叉”,交叉研究发生在应用原理研发象限。

再次,产业技术创新分为2条路径。其一是基于科学新知识新原理的技术创新,其二是基于市场需求“洞见”的技术创新。综合性国家科学中心支撑的产业技术创新属于前者为主,后者为辅。基于科学发现新知识和技术科学研究的新应用原理,必然会催生出一批产业新技术,甚至是具有原始创新价值的新技术,这些技术会形成康德拉季耶夫周期的新技术群。这些技术的商业化或者产业化应用,将形成一批批新产业,将会是引领未来经济发展新兴产业群,不仅能够解决被“卡脖子”技术上能够有突破性进展,甚至可以超越现有产业技术路线或国际标准,驱动产业在新的技术“S曲线”上发展,在全球产业竞争中占据领先地位。

最后,人才培养、科学普及和科学精神引领功能。综合性国家科学中心作为科学前沿知识探索和技术科学原理探索的重要基地或平台,必然也是高精尖人才培养、科技普及和科学精神传播的基地。首先,综合性国家科学中心的基础科学研究、技术科学研究和应用技术开发,都伴随着高水平人才培养的过程,重大实验装置、国家实验室等研究平台,都是硕士和博士研究生培养的基地或机构,高水平大学理所当然是要培养人才。其次,从历史经验来看,全世界重大实验装置、国家实验室都承担了大量的科学普及或科学传播的功能,只有不断地向社会、向青少年传播科学知识,才能够使社会认知和接受科学

文明,使青少年获得科学精神,进而培养起对科学研究的兴趣,将来从事科学研究为人类做出科学贡献。即便是产业创新中心,也同样具有人才培养、科技普及功能,这一功能虽然不是主功能,但也是科学中心必然派生出的功能。

总的来说,综合性国家科学中心的四大功能前2个是主要功能,后2个是派生功能,其内在逻辑是基础科学研究→技术科学研究→产业技术研发→人才培养和科学普及。明确了主次功能及其内在逻辑,才能够明确建设的路径。就目前四大中心建设现状来看,虽然主体众多,“拉郎配”式组合在一起,没有理清清楚其中的内在逻辑,是需要四大中心进一步深入研究廓清的议题,以引导下一步建设。

### 3 综合性国家科学中心建设路径构建

为了有序建设综合性国家科学中心,利用改进的司托克斯矩阵,按照“四象限的功能区分和2个循环的内在逻辑”,提出综合性国家科学中心建设路径,如图8所示。

#### 3.1 “四象限双循环”理论价值

综合性国家科学中心的“四象限”和“双循环”,可以从顶层设计上解决其建设的总体思路问题。“四象限”功能定位明确了其核心任务是什么,主要做什么及次要的派生任务是什么,既不能主次颠倒,也不可只做“顶天”的基础科学研究,而不顾“立地”的成果向产业化推进或现实经济社会对科学技术的需求。“双循环”明确了“四象限”之间的内在逻辑关系,有利于各中心从顶层设计上充分考虑综合性国家科学中心各种功能之间的创新型生态形成。

首先,综合性国家科学中心四象限划分主要是为了界定清楚其功能。我们认为有2个主要功能和2个派生功能,这在3.2进行了详细阐述。按照钱学森<sup>[22]</sup>的观点,科学研究应该分为2个层面,即自然科学研究和技术科学研究(即应用原理研发),对应于司托克斯矩阵,也即波尔象限和巴斯德象限。本文将其区分为基础科学研究为主的象限Ⅰ和技术科学研究的象限Ⅱ。基础科学研究和技术科学研究,必然派生出应用技术研发,伴生人才培养和科学普及等活动,所以对应于司托克斯矩阵的爱迪生象限和皮特森象限,改进为应用技术研发的象限Ⅲ和人才培养与科学普及的象限Ⅳ,从而更加贴切于综合性国家科学中心的建设实践,也符合科学技术转变的内在逻辑。

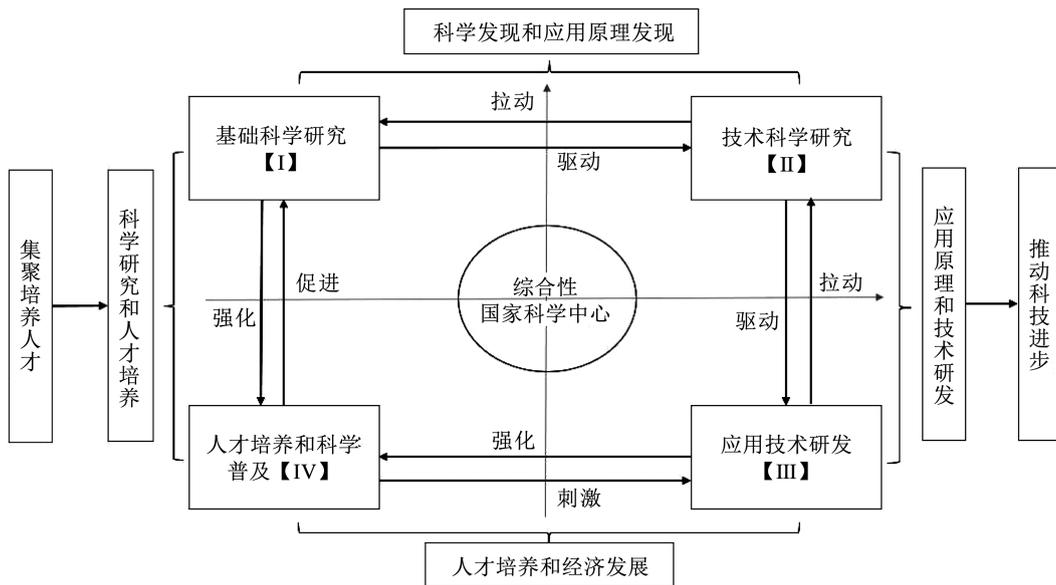


图8 综合性国家科学中心建设路径图

Fig. 8 The construction path of comprehensive national science center

其次,综合性国家科学中心的双循环是理清4个象限的内在逻辑关系。从基础科学研究的科学发现和从经济社会发展的现实市场需要两端出发,综合性国家科学中心建设要考虑“2个循环”,即基于科学发现端的“科学发现驱动循环”和基于产业问题导向端的“市场需求拉动循环”。由图8可知,“科学发现驱动循环”从基础科学研究(科学发现)→技术科学研究(技术原理发现)→应用技术研发(技术发明)→人才培养和科学普及(科学精神传承和人才接班)→支撑基础科学研究(科学发现);“市场需求拉动循环”从应用技术研发(技术发明)→技术科学研究(技术原理发现)→基础科学研究(科学发现)→人才培养和科学普及(科学精神传承和接班人才)→应用技术研发(技术发明)。习近平总书记指出:“基础研究是整个科学体系的源头。要瞄准世界科技前沿,抓住大趋势,下好“先手棋”,打好基础、储备长远,甘于坐冷板凳,勇于做栽树人,挖井人,实现前瞻性基础研究、引领性原创成果重大突破,夯实世界科技强国建设的根基。要加大应用基础研究力度,以推动重大科技项目为抓手,打通‘最后一公里’,拆除阻碍产业化的‘篱笆墙’,疏通应用基础研究和产业化连接的快车道,促进创新链和产业链精准对接,加快科研成果从样品到产品再到商品的转化,把科技成果充分应用到现代化事业中去。”这就要求做好基于科学发现端的“科学发现驱动循环”。同样地,做好基于产业问题导向端的“市场需求拉动循环”,就要求基础研究要应用牵引、突破瓶颈,从经济社会发展和国家安全面临的实际问

题中发掘科学问题,弄通“卡脖子”技术的基础理论和技术原理,要大力加强多学科融合的现代工程和技术科学研究,带动基础科学和工程技术发展,形成完整的现代科学技术体系。

### 3.2 建设路径建议

基于以上功能和逻辑关系分析,建议四大综合性国家科学中心建设路径在以下方面值得优化。

第一,在建设主体上要进一步强化国家力量。综合性国家科学中心的建设是国家层面的战略任务,是发挥新型举国体制优势的重要着力点的重大建设项目,应该由国家作为投资主。原定的“重大基础科学研究实验室建设项目是由国家投入为主、地方政府配套并积极引导社会资金投入的模式”,由于中国分税体制、中央和地方的财权和事权分治体制和机制,地方政府财力有限,现在做法是国家和地方按照1:2大额配套国家实验室工程项目建设,给地方政府造成巨额财政资金压力。所以,重大基础研究设施和国家实验室体系建设资金上应由中央财政直接全额投资,发挥“举国体制”优势。地方政府可以配套建设用地及配合规划和相关拆迁服务,后期可以做一些成果转化活动投资;至于引导社会资金投入国家重大科技基础设施建设,因为公共基础设施建设不具有商业性,就目前来看,基本上不具有可能性和可行性。因此,象限I和象限II的建设内容均应该是由国家作为投资、建设和运营主体;象限III和象限IV,地方政府可以多参与投资和建设。

第二,在建设内容上要进一步明确主次功能。建立综合性国家科学中心,是要在事关国家安全和

发展全局的基础核心领域,实施的战略性科学计划和科学工程的关键举措。所以,综合性国家科学中心的主体功能是象限Ⅰ、象限Ⅱ的基础科学研究和技术科学研究,围绕这两大功能强化建设以保证科技自立自强的根本和源头建设任务,在建成后发挥好战略性科学计划研究基础研究实验室支撑作用,在科学发展上取得世界一流成果。象限Ⅲ、象限Ⅳ是前2个功能派生出的功能,虽然不作为国家综合性科学中心的主要功能,但也要给予系统化建设,以保障象限Ⅰ和象限Ⅱ的基本功能,推动科学研究成果向技术发明和产业化转化,并培养人才和普及科学,服务于经济社会发展需要和科学文明进步。

第三,在建设逻辑上要进一步理顺主体关系。其一是科学—技术—创新的学理关系。虽然从“双循环”的科学技术总体关系上,理清了4个象限之间的关系。但是,具体到4个中心内部的科学—技术—创新关系仍然比较复杂。围绕基础科学研究象限Ⅰ,要在象限Ⅱ布局应用原理研发平台,以及对象限Ⅲ要建设应用技术创新平台(含研究院所、新型研发机构或产业创新中心)。其二是各主体之间的经济社会关系。综合性国家科学中心的四象限的每一个象限内部都有多个主体,内在各主体在组织性质、主管部门、资产关系、人事关系等方面千差万别。有的属于传统体制下的事业单位,如大学、国家实验室、国家重点实验室、研究院所等,还有是新建重大装置、新建实验室、新建研究院所,有的属于新型研发机构,还有属于企业作为参与主体,必须理顺各类主体经济关系,方能既实现各主体各自功能,又能做到科学—技术—创新相互协同推进。

第四,在建设保障上要进一步明确人才来源。综合性国家科学中心建设的重要目标就是面向全球吸引一流科学家到中国来利用大科学装置从事科学研究,而不是国内四大中心之间相互抢专家,相互“挖人”。各中心必须明确各自的定位,集聚全球人才,同时通过各自中心的建设和发展,培养和造就具有世界一流科技领军人才和创新团队,特别是在青年人才培养和使用上,要善于发展年轻人的潜力,大胆起用、用好用活,更应该从国家战略的高度培养具有国际竞争力的青年科技人才后备军。国家主管部门也要协调好各中心的人才集聚和配置关系,以免产生恶性竞争。

第五,在建成运营上要抓紧研究体制机制创新。其一是产权制度问题。在构成主体上,综合性国家科学中心是一个多主体组合形式;从投资看,投资的多元化导致了产权归属多元化,需要在产权关系上

进一步厘清。其二是领导体制问题。正在建设的全国四大中心,是由中央政府和地方政府发展和改革委员会负责组织建设施工,随着建设进展加快,急需建立相对稳定的领导机构,理顺领导体制,建立健全管理制度和运行机制,使四大中心成为具有中国特色的举国体制下实现科学发展的重要平台。其三是四大中心建成后实验室运营和科学研究活动组织实施。四大综合性国家中心是国家和地方政府和科研机构联合的虚拟机构,大科学装置/实验室是实体。建设时期由国家发改委和地方政府主管主办,建成后主管部门确定,大科学装置/实验室运营经费来源,都需要超前运筹确定,做好顶层设计。大科学装置/实验室的科研计划和科研经费从何而来,尚缺少明确的体制机制,必须由国家层面提前做好相关顶层设计,以确保大科学装置/实验室在科技自立自强中发挥重要功能。

#### 4 结语

总而言之,布局建设综合性国家科学中心,不仅是强化国家战略科技力量的重要举措,同时是支撑中国成为下一个世界科学中心的科技基础<sup>[17,23]</sup>。根据 Yuasa<sup>[1]</sup>总结的规律,一个国家的科学兴隆期和世界科学中心的转移周期均为80年左右。美国自20世纪初成为第5个世界科学中心以来,至今已有100多年,按照科学中心转移规律,美国不可能一直占领世界科学中心地位。随着经济的全球化和亚太地区各国快速发展,全世界的高端生产要素、创新要素乃至全球科技创新中心都呈现由西向东扩散的转移趋势<sup>[24]</sup>。中国坚持实施创新驱动发展战略,发挥新型举国体制作用,以国家创新体系与能力建设为主线,着力增强自主创新能力,加快科技自立自强。以建设具有全球影响力科技创新中心和综合性国家科学中心为契机,完善创新发展和创新创业制度文化环境,构建全球科技创新网络,真正走出一条具有中国特色的科技强国之路,为实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴贡献中国科学家智慧。

**致谢:**感谢安徽省发改委合肥综合性国家科学中心工作处原处长朱的娥女士、原副处长于伟先生、上海张江和大湾区相关部门领导在调研中给予的帮助。

#### 参考文献:

- [1] YUASA M. Center of scientific activity: Its shift from the 16th to the 20th century [J]. Japanese Studies in the History of Science, 1962, 1(1): 57-75.

- [2] 白光祖,曹晓阳.关于强化国家战略科技力量体系化布局的思考[J].中国科学院院刊,2021,36(5):523-32.  
BAIG,CAO X. Thoughts on systematic layout of strengthening national strategic scientific and technological power[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2021,36(5):523-532.
- [3] 习近平.努力成为世界主要科学中心和创新高地[J].当代党员,2021(7):3-6.  
Xi J P. Strive to become a major scientific center and innovation highland in the world[J]. Contemporary Party Members,2021(7):3-6.
- [4] 曾锡环,黄钦旭,谭茜.科技人才生态圈运行机制构建:以综合性国家科学中心为例[J].科技管理研究,2023,43(15):53-60.  
ZEN X H,HUANG Q X,TAN X. Research on the construction of the operating mechanism of the science and technology talent ecosystem:An example of the comprehensive national science centre [J]. Science and Technology Management Research, 2023, 43 (15):53-60.
- [5] 刘洋,盘思桃,张寒旭,等.加快建设粤港澳大湾区综合性国家科学中心[J].宏观经济管理,2023(2):50-58.  
LIU Y,PAN S T,ZHANG H X, et al. Accelerate the development of the comprehensive national science center in Greater Bay Area [J]. Macroeconomic Management,2023(2):50-58.
- [6] 赵雅楠,吕拉昌,赵娟娟,等.中国综合性国家科学中心体系建设[J].科学管理研究,2022,40(2):7-13.  
ZHAO Y N,LYU L C,ZHAO J J, et al. China's comprehensive national science center system construction [J]. Scientific Management Research,2022,40(2):7-13.
- [7] 吕拉昌,赵彩云,冉丹,等.中国综合性国家科学中心研究进展与展望[J].科学管理研究,2023,41(1):9-16.  
LYU L C,ZHAO C Y,RAN D, et al. Research progress and prospect of China comprehensive national science center[J]. Scientific Management Research,2023,41(1):9-16.
- [8] 贾宝余,王建芳,王君婷.强化国家战略科技力量建设的思考[J].中国科学院院刊,2018,33(6):544-52.  
JIA B Y,WANG J F,WANG J T. Perspectives on strengthening construction of national strategic scientific and technological power [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2018,33(6):544-552.
- [9] 陈劲,朱子钦.加快推进国家战略科技力量建设[J].创新科技,2021,21(1):1-8.  
CHEN J,ZHU Z Q. Accelerating the construction of national strategic science and technology strength [J]. Innovation Science and Technology,2021,21(1):1-8.
- [10] STOKES D E. Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation[M]. Washington,DC:Brookings Institution Press,1997.
- [11] BUSH V. Science: The endless frontier [J]. Kansas Academy of Science,1945,48(3):231-64.
- [12] 陈劲,宋建元,葛朝阳,等.试论基础研究及其原始性创新[J].科学学研究,2004(3):317-321.  
CHEN J,SONG J Y,GE Z Y, et al. On the basic research and original innovation[J]. Studies in Science of Science,2004(3):317-321.
- [13] TIJSSSEN R J. Anatomy of use-inspired researchers: From Pasteur's quadrant to Pasteur's cube model [J]. Research Policy,2018,47(9):1626-38.
- [14] 王智源.关于合肥建设综合性国家科学中心的思考与建议[J].中共合肥市委党校学报,2016(5):25-27.  
WANG Z. Thoughts and suggestions on construction of comprehensive national science center in Hefei[J]. Journal of the Party College of CPC Hefei Municipal Committee,2016(5):25-27.
- [15] 钱智,史晓琛,骆金龙.提升张江综合性国家科学中心集中度和显示度研究[J].科学发展,2017(11):5-14.  
QIAN Z,SHI X C,LUO J L. Research on the countermeasures to enhance the concentration and display degree of Zhangjiang comprehensive national science center [J]. Scientific Development,2017(11):5-14.
- [16] 顾志恒.综合性国家科学中心知识产权管理研究[J].中国高校科技,2019(11):24-28.  
GU Z H. Intellectual property management research in comprehensive national science center [J]. China University Science & Technology,2019(11):24-28.
- [17] 李志遂,刘志成.推动综合性国家科学中心建设增强国家战略科技力量[J].宏观经济管理,2020(4):51-57.  
LI Z S,LIU Z C. Promote the construction of comprehensive national science center to strengthen the country's strategic scientific and technological power [J]. Macroeconomic Management,2020(4):51-57.
- [18] 杜德斌,何舜辉.全球科技创新中心的内涵、功能与组织结构[J].中国科技论坛,2016(2):1-6.  
DU D B,HE S H. The connotation, function and organization of global S & T innovation center [J]. Forum on Science and Technology in China,2016(2):1-6.
- [19] 储节旺,曹振祥.综合性国家科学中心情报保障体系和运行模式构建:以合肥为例[J].图书情报工作,2018,62(8):1-9.  
CHU J W,CAO Z X. Construction of security system and operation mode of intelligence comprehensive national science center: Take Hefei as an example [J]. Library and Information Service,2018,62(8):1-9.
- [20] 王振旭,朱巍,张柳,等.科技创新中心、综合性国家科学中心、科学城概念辨析及典型案例[J].科技中国,2019(1):1-5.  
WANG Z X,ZHU W,ZHANG L, et al. Science and technology innovation center, comprehensive national science center, science city concept analysis and typical cases [J]. Scitech in China,2019(1):1-5.
- [21] 张耀方.综合性国家科学中心的内涵、功能与管理机制[J].中国科技论坛,2017(6):1-8.  
ZHANG Y F. The connotation, function and management mechanism of the comprehensive national science center [J]. Forum on Science and Technology in China,2017(6):1-8.
- [22] 钱学森.论技术科学[J].科学通报,1957(3):97-104.  
QIAN X S. On technology science [J]. Chinese Science Bulletin,1957(3):97-104.
- [23] 尹西明,陈劲,贾宝余.高水平科技自立自强视角下国家战略科技力量的突出特征与强化路径[J].中国科技论坛,2021(9):1-9.  
YIN X M,CHEN J,JIA B Y. Key features and strengthening path of the national strategic S&T strength under the high-level self-reliance and self-improvement perspective [J]. Forum on Science and Technology in China,2021(9):1-9.
- [24] 潘教峰,刘益东,陈光华,等.世界科技中心转移的钻石模型:基于经济繁荣、思想解放、教育兴盛、政府支持、科技革命的历史分析与前瞻[J].中国科学院院刊,2019,34(1):10-21.  
PAN J F,LIU Y D,CHEN G H, et al. Diamond model of world science and technology centers transfer: Economic prosperity, ideological emancipation, education prosperity, government support, S&T revolution [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2019,34(1):10-21.

## Four quadrant and double circulation: Research on the construction path of comprehensive national science center

LIU Zhiying<sup>1</sup>, ZHOU Yang<sup>1</sup>, HONG Jing<sup>2</sup>

(1. School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;

2. School of Economics, Hefei University of Technology, Hefei 230601, China)

**Abstract:** Science and technology have become the key variables that influencing and changing the global competition pattern. In order to strengthen the strategic scientific and technological power of China, the Chinese government has decided to build the Comprehensive National Science Center. Although the construction practices of the Comprehensive National Science Center are in full swing, there is lacks enough theoretical discussion on this topic, especially regarding the construction logic and path. This study has reviewed the extant literature on the transfer of world science centers and the comprehensive national science centers, and then we put forward an improved four-quadrant model according to the two-dimensional quadrant model proposed by Brookings Institution. Based on the improved four-quadrant model proposed in this study, we first classify and compare the construction contents of the four comprehensive national science centers under construction in China. The four comprehensive national science centers are Huairou, Zhangjiang, Hefei, and Greater Bay Area, respectively. The construction contents involved include large scientific device clusters, national laboratories, cross-cutting frontier research platforms, industrial innovation centers, enterprises, universities, research institutions, etc. Then, this study defines the connotation of the comprehensive national science center after summarizing existing research on it and emphasizes the three aspects of the concept of the comprehensive national science center. For example, the first aspect is that we highlight the nature of scientific research in comprehensive national science centers. The second one is that we define the comprehensiveness of the comprehensive national science centers. And the last is that we point out that the comprehensive national science centers are the science and technology innovation ecosystem with the collection of major science and technology innovation resources. Third, we proposed the functions the comprehensive national science center, which include two core functions (basic scientific research and technology scientific research) and two derived functions (application technology development; talent training and science popularization). Among them, basic scientific research pursues knowledge innovation of scientific discovery; technology scientific research emphasizes application principal innovation based on scientific discovery; application technology development is an industrial technology innovation based on new knowledge and new principles; and the scientific spirit of personnel training and science and technology dissemination leads. We further put forward the ‘four quadrants and double circulation’ construction logic of the comprehensive national science center. In this part, we emphasize the theoretical value of the ‘four quadrants and double circulation’ by explaining the roles of ‘four quadrants’ and ‘double circulation’ respectively. The division of the four quadrants of the comprehensive national science center is mainly to define its functions. And the double circulation of the comprehensive national science center is to clarify the internal logical relations of the four quadrants. Finally, this study tries to give five specific practical implications on the construction path of the comprehensive national science center in terms of the construction entity, construction content, construction logic, guarantee of the construction, and operations after successfully constructed. These suggestions aim to get through the internal logic of basic scientific research, technological scientific research, technological research and development, technological commercialization, talent training and scientific popularization, which ultimately provides a reference for the construction of the comprehensive national science center in China.

**Keywords:** world science center; comprehensive national science center; four quadrant; double circulation; S&T innovation