

·科学论坛·

# 我国大科学装置发展战略研究和政策建议

中国科学院综合计划局,基础科学局

(中国科学院综合计划局,基础科学局,北京 100864)

**[摘要]** 本文是中国科学院综合计划局、基础科学局组织的大科学装置发展战略研究小组经广泛深入的研究之后形成的政策建议报告简本,主要包括大科学装置在国家发展中的地位 and 作用、现阶段我国大科学装置发展战略的构想等内容,重点论述了我国大科学装置发展中若干问题的研究与政策建议。

**[关键词]** 大科学装置,发展战略,政策建议

## 1 引 论

改革开放以来,我国的各项事业蓬勃发展。作为国家持续发展的支撑条件,我国正在建立宏大的创新体系。建立科技基础条件平台是国家创新体系建设中的重要内容,大科学装置则是国家科技基础条件平台的重要组成部分。本报告的目的就是分析我国大科学装置发展的现状和需求,提出发展目标和发展方针,并根据世界各国和中国科学院建设、运行大科学装置的经验,总结其发展规律,研讨其规划、立项建设、运行发展中的若干政策性问题。

### 1.1 大科学装置的定义

大科学装置是指通过较大规模投入和工程建设来完成,建成后通过长期的稳定运行和持续的科学技术活动,实现重要科学技术目标的大型设施。其科学技术目标必须面向科学技术前沿,为国家经济建设、国家安全和社会发展做出战略性、基础性和前瞻性贡献。

### 1.2 大科学装置的分类

按照不同的应用目的,可把大科学装置分为公共实验平台、专用研究装置和公益基础设施三种类型。

### 1.3 大科学装置的特点

大科学装置的建设 and 利用与一般的科学仪器及装备有很大的不同,也有别于一般的基本建设项目,这些特殊点主要是:(1)科学技术意义重大,影响面

广且长远,同时建设规模和耗资大,建设时间长;(2)技术综合、复杂,需要在建设中研制大量非标设备,具有工程与研制的双重性;(3)其产出是科学知识和技术成果,而不是直接的经济效益,建成后要通过长时间稳定的运行、不断的发展和持续的科学活动才能实现预定的科学技术目标;(4)从立项、建设到利用的全过程,都表现出很强的开放性、国际化的特色。

根据以上特点,本报告将重点研究讨论大科学装置规划立项、资金投入和管理中的有关问题。

## 2 大科学装置在国家发展中的地位和作用

大科学装置是人类科学文明发展的产物,也是现代科学技术文明进一步发展的基础,其重要性体现在以下四个方面。

### 2.1 大科学装置是现代科学技术诸多领域取得突破的必要条件

在科学技术领域的国际竞争主要表现在对诸多前沿研究领域的突破能力。20世纪中叶以来,科学技术发展中出现了一个新的态势,即许多科学领域已经发展到这样一种地步,它们的进一步发展、或者说它们的研究前沿的突破,都离不开大科学装置。世界各国以巨大的投入建立大科学装置,其推动力即在于此。相关大科学装置的发展状态将决定我国在众多领域的前沿研究取得突破的能力,从而决定了我国在国际上的科学技术竞争能力。

本文于2004年3月29日收到。

## 2.2 大科学装置是为国家经济发展、国家安全和社 会进步提供保障的必不可少的科技基础设施

现代社会的特点之一是各种活动对于基础数据和基础信息的依赖,否则现代社会的运作是不可想象的。另一方面,国家对自然资源、人力资源和已建立的各种硬件资源的利用效率也很大程度上依赖于各种基础数据和基础信息。作为科技基础设施的大科学装置在数据和各种信息的收集和利用上起着重要的作用。

## 2.3 大科学装置是建立具有强大国际竞争力的国家大型科研基地的重要条件

西方发达国家的科学技术水平和强大的国际竞争能力在相当大的程度上是通过一批高水平的大型科研基地体现的,其基本特点是科研力量集中、科研任务集中、国家投资集中、科学技术成果累累、学科多样、学科交叉、发展新型、边缘科学和突破重大新技术的能力强。进一步的考察发现,这些研究机构都拥有先进的大科学装置,甚至大科学装置群,作为支撑其强大科技竞争力的基本条件。

近年来,我国重视科研基地的建设,建设了一批国家重点实验室,但是还少有能与西方发达国家匹敌的大型科研基地。中国应该有科学研究的“航空母舰”,必须把大型科研基地的建设作为科技振兴的重要举措,大科学装置的建设则是实现这一目标的重要条件。

## 2.4 大科学装置的建设带动国家高新技术的发展

大科学装置是大量高新技术的集成,为了实现其原创性的科学技术目标,在装置的建造和利用的过程中,往往需要发展新型技术或把已有技术提高到新的水平。因此,大科学装置也就成为众多高新技术的源泉和高新技术产业的摇篮。互联网技术的产生和发展以及这一技术对社会产生的革命性的影响可算其中一个最生动的例子。

# 3 现阶段我国大科学装置发展战略的构想

## 3.1 国际上的发展态势

考察国际上大科学装置的发展情况,有以下几个明显的发展态势:(1)各发达国家在制订国家科学技术发展长远规划和创新体系发展战略时,都把大科学装置的建设作为战略措施,放在极端重要的位置;(2)在规划和部署大科学装置的建设时,把支撑多学科研究的公共实验平台型装置放在优先或突出的地位;(3)依托大科学装置的大型科学机构的科技创新能力和国际竞争力不断提升;(4)大科学装置发

展的开放性、国际化的特点有进一步走强的趋势。

## 3.2 我国的现状

我国大科学装置的发展相比世界发展态势和建立国家科技创新体系的需要差距甚大。自贯彻科教兴国方针以来,我国在许多重要研究领域已具备进入世界科学前沿的能力。而大科学装置发展上的差距已成为许多领域实现这一跨越的制约因素,因此必须把加快大科学装置的发展作为追赶世界科学技术先进水平的一个重大举措,加强紧迫感,制订一个适当的发展战略,迅速扭转这种落后局面。

## 3.3 发展目标及发展方针

今后 15—20 年中,从支撑能力的角度考虑,我国大科学装置的发展应该实现如下的目标:建成若干世界一流的多学科实验平台,能支撑在生命科学、材料科学、环境科学等学科国家重点支持的研究领域内,开展世界一流的研究工作;能满足国家战略高技术发展的需求,使相关的研究工作达到国际先进水平;能在基本科学问题的某些点上,支撑我国的科学家开展有特色的研究工作,取得具有重大科学意义的开创性研究成果;对国家经济建设、国家安全和发展的基础支撑能力要接近发达国家的水平;依托这些支撑能力,建成若干具有强大国际竞争能力的大型科研基地。

为了实现以上目标,我国大科学装置的发展方针应该是:布局合理,规模适度。优先发展公共实验平台,有选择地建设专用研究装置,高度重视公益基础设施。已有装置的持续发展和新装置的建设并重。通过保证投入、建立科学的管理体制和运行机制,加强国际合作,确保装置的建设水平和科学技术目标的实现。

# 4 大科学装置发展中若干问题的研究与政策建议

## 4.1 加强规划,切实推进规划的实施

必须加强大科学装置的规划工作。规划的目的是根据战略性的、整体性的考虑,选择适当的项目,以便安排必要的前期工作,为后续的遴选决策和立项建设创造条件。为此,规划应该针对项目来制订。从规划开始,直至立项完成是一个连续的项目遴选的过程,应该将规划、规划项目的立项前准备,一直到立项,紧密衔接,切实推进规划的实施。

对规划和规划的实施,提出以下具体政策建议。

(1)十年规划,滚动调整;五年计划,立项实施  
“十年规划,滚动调整”是指规划至少以十年为

期,即规划中考虑的项目是未来十年或更长时间内可能启动建设的项目,并根据新的科学技术发展态势和需要,随时调整更新。

“五年计划,立项实施”是指与国民经济计划同步,在规划项目的范围内,以五年为一个阶段制订立项建设项目的计划;在五年期内,对计划中的项目逐个立项,开工建设。至于建设周期和资金的投入则应根据需要来安排。

(2)成立专门的规划机构,按照规范的程序,进行规划的制订和推进规划的实施

建议国家成立大科学装置发展规划委员会,负责大科学工程规划的制订和实施。规划委员会中设立由多学科战略科学家组成的科学顾问委员会。规划的制订程序应是:(i)由各有关部门提出规划建议;(ii)根据国家宏观发展战略,由科学顾问委员会聘请国内外核心学科和核心技术专家、应用学科专家组成专家组,就科学意义和技术可行性对建议项目分别进行评价;(iii)由科学顾问委员会对所有项目的科学意义和技术可行性加以确认,并从科学政策层面、组织结构层面和总体布局层面进行综合比较评价;(iv)由规划委员会作出规划建议,报国家相关决策机构审查批准。

在以上的决策程序中,可以根据情况插入国际评审或国际咨询环节,并实行不同形式的公示制度。

(3)切实推进规划的实施,规范地、有计划地成立立项前准备工作

规划项目应积极完成立项前的准备工作,包括科学目标的优化和前期技术研究两个方面。建议在规划制订后对每个项目的前期研究计划和经费进行审查,由大科学工程专项经费和项目建议部门共同支持。

在规划委员会领导下,对规划项目的前期工作进行跟踪评估,是保证规划实施的重要措施。应该在跟踪评估中,根据情况的变化和认识的深入对规划进行必要的调整,并及时选择条件成熟的项目进行立项。

(4)将已有装置的重大升级改造纳入大科学工程规划内容

大科学装置的重大升级改造涉及的科学问题多,经费需求大,还影响到对某些新装置建设必要性的评价,应该跟新装置的建设一样,通过统一的规划来安排。

(5)规划的依据、项目遴选的条件和科学布局问题

大科学装置规划是国家意志的体现。制订规划的主要依据是国家社会经济发展计划,科学发展总体规划,与战略高技术发展有关的产业政策、技术政策和国际科学技术发展的态势。规划项目的遴选条件主要包括以下四个方面:(i)意义重大,需求迫切;(ii)具有国际先进性;(iii)经费需求与国力相适应;(iv)建设单位必须具备相应的技术基础和实施大科学工程的综合能力。

计划项目的遴选除了对以上诸项进行更深入的考察外,应进一步对以下五项进行周密的评价:(i)科学目标明确、具体;(ii)为了实现科学目标的装置总体性能指标明确;(iii)前期技术研究的目标已经实现,基本技术可行性问题已经解决;(iv)经费预算明晰,经费需求与大科学设施专项经费投入能力相适应;(v)队伍和组织结构等工程实施能力满足建设的需求。

在考察建设意义和建设需求时,要特别考察其不可替代性,即其作用和功能是其他手段不能胜任的,也是已有的装置或以较小的投入就能建成的装置不能胜任的。

在考察建设单位的承建能力时,除了考察其技术能力外,还必须考察其调和集中资源的能力,以及其结构体系和管理体制是否适应大科学工程的要求。

大科学装置在规划和立项建设时都要把布局作为一个重要的因素来考虑。特别是公共实验平台,要考虑与主要用户群相关的地域布局和与大型科研基地建设相关的结构布局。

#### 4.2 保证投入,确保装置的建设水平、建成后的持续发展和科学目标的实现

我国的大科学装置建设一直存在着投入不足的问题,这使得装置的建设、装置的水平 and 装置效益的发挥都受到限制。

(1)建议设立国家大科学工程专项经费,用于大科学装置的建造和运行

建议国家设立大科学装置专项经费,主要包括建设经费和运行经费两大部份。建设经费主要用于装置的建设、规划所选项目的前期研究、已建成装置的重大改造三个方面。运行经费主要用于已建成装置的日常运行、维护、改进和学术活动。大科学装置专项经费应在制订国民经济五年计划时加以确定,作为制订大科学装置五年建设计划的依据。每年的计划则纳入当年国家财政科学事业费专项拨款计划。专项经费的额度可以通过总结过去十多年来我

国大科学装置发展的情况和经验,参照世界不同类型的国家的做法来确定。我国大科学工程投入从绝对数量来说,当然无法与发达国家相比,但占国家GNP的比例和占R&D的比例不应有太大的差距。如果按国家GNP的0.2‰计算,在一个五年计划期间的我国对大科学装置的投入应该在100亿元人民币左右。

(2)大科学装置的建设应该有符合科学的、符合实际需要的投入,以保证工程质量

我国单台大科学装置的建设投入与世界同类型装置相比有很大的差距。投入不足带来的诸多问题影响到装置的技术水平和建设质量,从而影响装置的运行和利用效率。限于国家的财力,应本着“有所为,有所不为”的原则,谨慎地选择建设项目,以保证有符合科学的、符合实际需要的投入。

(3)保证大科学装置的后续投资,以实现装置的持续发展和高水平科研工作的开展

大科学装置建成后的运行和发展主要依靠国家的后续投资来支持,其主要构成是运行费、改进发展费和科研费。目前的问题是运行费不足,改进发展和科研费渠道不畅。为了解决这些问题,提出以下三项具体建议。

(i)充分考虑装置零部件更新的需求,适当提高运行费

目前我国大科学装置的运行费已由财政部设立了专项渠道,使这些装置的正常运行和科学目标的实现得到了基本的保障。但目前各个装置的运行费安排中对设备更新需求考虑不够充分,额度普遍偏低,导致这些装置的备品备件缺乏,设备严重老化,装置故障率高,利用效率低,严重影响科学研究的开展。建议根据国际上大科学装置的通行做法,按照有科学依据的零部件更新率,将其经费需求计入大科学装置运行费。

(ii)将装置的小型改进纳入运行经费安排

大科学装置建成后的不断改进是必要的,只有这样,才能保持其国际先进性,满足科学研究前沿的需求。建议大型改进依规范的申请审查程序进行,由大科学装置专项经费支持,而小型改进则纳入装置运行费安排,为此在审定运行费时要在原有基础上增加一定比例。根据国际上的通行做法,建议每个装置的运行费在工程立项建设审查时同时审定,作为建成后安排的依据。这样做,把装置的建设费和运行费都作为装置的投入需求一并考虑,将使立项决策更加符合大科学装置的投入需求和国家对大

科学工程的总体投入能力。

(iii)为大科学装置的科研经费提供较为稳定的支持和明确的支持渠道

建议在国家自然科学基金委员会设立大科学装置科研专项基金,专门受理大科学装置运行单位的科研经费申请和其他科研机构或高等院校利用装置开展科学研究的申请。此外,大科学装置运行单位的上级部门也应对大科学装置科研经费给予支持。

#### 4.3 建立符合大科学工程特点的建设程序和管理规范

建议在总结已有经验的基础上,参照国际上通行的、行之有效的做法,制订适用大科学工程基本建设项目的专门法规和条例,或者在现有的基本建设项目管理法规、条例中,补充相应的条款。本报告仅就其中最为突出的两个问题进行研究并提出政策建议。

(1)重视大科学工程的预制研究,将其明确纳入基本建设程序

大科学工程具有建设和研制双重性质,有一定风险。预制研究集中体现了“研究”这一重要性质,安排好预制研究则是避免风险的必要措施。对预制研究的安排方式有不同的看法,通过对预制研究内容以及实际的实施情况的分析,我们认为不宜在工程立项之前单独对预制研究立项安排。建议将预制研究列入大科学工程项目的建设程序,纳入管理规范,研究经费纳入工程总投资之内;预制研究目标、内容和经费列入可行性研究报告和初步设计报告的内容,加以审查批准,工程正式立项之后,作为开工准备的内容之一,与技术设计交叉进行,直至完成项目定型设计报告;对预制研究计划的执行情况与定型设计报告应一并进行审查,如果需要,对指标、预算和工程进度进行调整,经批准,成为工程的最终计划。

(2)建立符合大科学工程特点的预验收和试运行制度

由于大科学工程的特殊性,导致装置基本建成到实现设计的性能指标往往需要一个较长的过程。这种情况已经被国内外大科学工程的经验所证明。根据这一情况,我们建议对大科学工程实行预验收,通过一段时间试运行再进行正式验收,可以称之为“预验收,试运行”的竣工验收制度。在试运行阶段,除了开展使装置达到设计指标的工作外,可以同时开展服务于装置科学目标的科学研究。这种竣工验收方式既符合科学规律,也符合尽早发挥建设效益

的原则。

#### 4.4 建立科学的管理体制,促进大科学装置的开放和共享

大科学装置的管理体制要把开放和共享放在一个核心的位置加以考虑。从开展前期研究开始就应该建立包括用户专家在内的科学技术委员会。对于公用试验平台,从立项开始则应该建立用户委员会。这些机构的作用是保证装置的建设满足用户的需求和方便用户使用。装置建成后建议纳入国家实验室进行管理,大科学装置国家实验室应该由能体现国家意志和用户意见的理事会并通过它任命的负责人进行管理。运行阶段的科学技术委员会和用户委员会的作用应更为加强。装置的年度运行计划、发展计划、开放方针和相应的管理办法都应该在充分听取两个委员会的意见的基础上由理事会审定。

#### 4.5 建立科学的考核评价体系和制度,促进大科学装置的健康发展

必须建立符合大科学装置和大科学装置上的科学活动的特点的考核评价体系,才能促进大科学装置的健康发展。

##### (1) 建立科学的考核评价标准

大科学装置的考核评价标准应该包括:装置的运行状况、科学目标的实现、改进发展情况、管理工作的水平、后续发展的能力、队伍建设和人才培养、经费使用的有效性等。建议国家有关部门经过调查研究,制订有关条例,具体考核指标的制订应符合大科学装置的特点。

##### (2) 建立与国际接轨的考核评价制度

大科学装置每年应有建设及运行年报。对大科学装置的考核评价应该放在国际水准上进行,为此应建立既符合我国国情,又与国际接轨的考核评价制度。对此,提出如下建议:(i)由国家有关部门聘请国内外专家和用户代表,以及国家有关管理部门的工作人员组成考评委员会。视情况,可以组织独立的国际专家小组,专门对科学目标的实现情况进行考评;(ii)考评不应过于频繁,按照国际惯例,建议以3—4年为一个周期;(iii)建立规范的考评程序,以保证考评全面、系统、细致;(iv)对同一类型的装置,应该以同一个考评委员会进行考评,以便比较;(v)如果不涉及国家机密,考评报告应该公开发表。

(3)大科学装置考评要为国家制定大科学装置发展规划和建设计划提供依据

不同于其他科研机构的考评,对大科学装置的

考评应该站在更高的高度,应有更广阔的视野。考评委员会应根据考评的情况对国家大科学装置的发展规划和建设计划提出建议。为此,应该分析:(i)装置在国际上的地位、国际竞争力、相关科学领域的发展态势;(ii)装置目前状态和科学成就与建设预期目标的比较;(iii)装置的发展潜力和今后可能的预期;(iv)以上诸项对国家大科学装置的发展规划和建设计划带来的影响。

在分析以上问题的过程中,应该对装置下一步的发展计划进行实质性的评估,并向有关管理部门提出相应的决策建议。

#### 4.6 加强国际合作,促进我国大科学装置发展战略目标的实现

我国在大科学装置发展中已开展了一些国际合作。在大多数领域里,主要是通过学术和人员交流,来培养人才、提高我国的技术水平。这种合作对促进我国大科学装置的建设起到了积极的作用,今后还应坚持,并加以扩大。

中国科学院在实施知识创新工程的过程中提出,科技国际合作要逐步完成从一般性合作向重大战略合作为主转移,实现国际合作的战略性提升。在最能体现科技国际合作价值的大科学工程上我们应该有战略的眼光和新思路、新举措。我们认为围绕大科学装置的国际合作应该贯彻“积极参与,适度投入,重视效益,合理部署”的方针,具体提出以下建议:

(1)精心选择,组织以我为主的大型国际合作项目,实现大型国际合作的重大突破

对大科学装置和以其为依托的科学研究,中国科学家不乏卓越的科学思想。但限于国家的财力,他们提出的一些极具科学意义的项目难以得到支持。摆脱困境的一种办法是围绕我国科学家提出的科学思想,组织以我为主的国际合作。建议对我国科学家提出的诸多项目进行认真的评估,精心选择,切实推动,努力实现这类大型国际合作的重大突破。

与此同时,建议尝试探索以我为主,以区域性合作的方式建设公共实验平台的可能性。与东南亚各国以区域合作的方式共同建设如同步辐射光源和散裂中子源这样的公共实验平台的可能性值得考虑。除了可以利用国外资源推动我国大科学装置的建设,这种做法也符合国家发展中国-东南亚区域合作的战略决策。

(2)重视效益,合理部署,提升我国在大型国际合作中的地位

除了个别以我为主的国际合作项目,目前涉及面更广的问题还是如何提升我国在大型国际合作中的地位以取得更好的效益。以往,我国参与的这些国际合作的项目不少,但多数在其中只处于一个非常次要的地位,获益不大。今后应该根据我国的需要,集中资源,有选择地,有适当投入地参与一些合作项目,保证能在其中占有适当的地位,以获得适当的效益。

(3)利用国外的大科学装置推动我国的科学研究和公共实验平台的建设

按照我们的建议,公共实验平台的建设应该放在大科学装置建设的优先位置。即便如此,要实现支撑我国多学科开展高水平研究的目标还需要一个相当长的过程。应该开阔思路,利用国外的大科学装置推动我国的科学研究和公共实验平台的建设。一种可行的方式是在规划和安排我国公共实验平台建设的同时,到国外的高性能公共实验平台上建设实验台站。这种合作方式可以解中国科学家的燃眉之急,同时又可以为我国建设自己的装置打下基础。

(4)将围绕大科学装置的大型国际合作纳入大科学工程的规划中进行管理

我国目前围绕大科学装置的国际合作项目,大都规模较小,由国家自然科学基金委员会资助。这些合作,对于学术交流,人才培养是极为有益的,建议保持这一渠道,继续支持这种规模的合作。在制

订大科学装置发展规划时,对所有项目都应该从国际化的角度加以审视。哪些项目可以通过组织以我为主的大型国际合作来实施?哪些科学目标应该通过参加国际合作的方式来实现?哪些科学研究可以通过利用国外已有的装置来开展?诸如此类的问题都应该加以认真的研究。

## 5 结束语

我国正处在全面建设小康社会的重要时期。为了实现这一战略目标,必须更好地贯彻科教兴国的方针。中国是一个大国,改革开放以来综合国力迅速提升,在国际竞争中处于一个特殊的地位。中国必须建立自主的、全面的、强大的知识创新能力,才能在特殊的国际竞争环境中,实现国家的振兴和民族的复兴。大科学装置的发展不是一个局部的科学技术问题,而是一个全面影响国家科技创新能力,影响国家发展的战略性问题,我国的科学技术工作者、社会各方面和政府都应该认真地加以对待。这份报告就表达了中国科学院对这一重大问题的关注和思考。

(重大科学装置发展战略研讨小组名单:李志刚、金铎、阎永廉、胡胜生、李振中、王孔嘉、张杰、杨戟、李传荣、潘习哲、郭际、赵振堂、刘丽曼、陈勋远、李铁儒、钟元元。)

## STRATEGY RESEARCH AND POLICY PROPOSAL OF OUR LARGE SCALE SCIENTIFIC FACILITIES' DEVELOPMENT

Bureau of Comprehensive Planning, Bureau of Basic Science, CAS

(Bureau of Comprehensive Planning, Bureau of Basic Science, CAS, Beijing 100864)

**Abstract** This paper is the brief report of policy proposal for our large scale scientific facilities' development, which was composed by a strategic research group organized by Bureau of Comprehensive Planning and Bureau of Basic Science of CAS. The main contents of this paper include the status and function of large scale scientific facilities in a country's development and the strategic envision for the development of our large scale scientific facilities etc. Especially, the research of several problems in the development of our large scale scientific facilities and policy proposal were detailed discussed.

**Key words** large scale scientific facility, development strategy, policy proposal