深圳发起参与国际大科学计划和国际大科学工程策略研究

深圳国家高技术产业创新中心

二〇一九年九月

目录

一、国际大科学计划内涵特点与发展特性 - 2 -
（一）内涵特点 - 2 -
（二）发展特性 - 3 -
1.发起机制 - 4 -
2.管理机制 - 5 -
3.运行机制 - 6 -
4.经费保障机制 - 8 -
5.产权保护及共享机制 - 9 -
二、国际大科学计划案例研究 - 10 -
（一）曼哈顿计划 - 10 -
1.概述 - 10 -
2.发起背景 - 10 -
3.实施过程 - 11 -
4.管理模式 - 11 -
5.项目成效 - 13 -
（二）人类基因组计划 - 13 -
1.概述 - 13 -
2.发起背景 - 14 -
3.实施过程 - 14 -
4.管理模式 - 15 -
5.项目成效 - 17 -
（三）国际空间站计划 - 18 -
1.概述 - 18 -
2.发起背景 - 19 -
3.实施过程 - 19 -
4.管理模式 - 20 -
5.项目成效 - 22 -

（四）大型强子对撞机计划 - 23 -
1.概述 - 23 -
2.发起背景 - 23 -
3.实施过程 - 24 -
4.管理模式 - 24 -
5.项目成效 - 26 -
三、深圳发起参与国际大科学计划的优势与潜力分析 - 27 -
（一）深圳国际大科学计划发展现状 - 27 -
1.大亚湾反应堆中微子试验项目 - 27 -
2.国际“千人基因组计划” - 29 -
3.万种植物基因组项目 - 31 -
（二）深圳发起参与国际大科学计划的基础与优势 - 33 -
1.城市综合经济实力雄厚 - 33 -
2.高端科技创新资源集聚 - 33 -
3.顶尖企业技术全球领先 - 34 -
4.深港科技合作日益紧密 - 35 -
5.科技体制机制高效灵活 - 35 -
（三）深圳发起参与国际大科学计划的挑战与不足 - 35 -
1.创新型科技人才结构性不足 - 36 -
2.基础科学研究能力仍需积淀 - 36 -
3.国际化科技服务体系供给不足 - 36 -
4.国际科技合作高质量成果稀缺 - 37 -
四、深圳发起参与国际大科学计划的策略建议 - 37 -
（一）加强组织领导和协调管理，统筹编制大科学计划战略规划 - 37 -
（二）加强重点项目遴选和培育，审时度势推动大科学计划实施 - 38 -
（三）借鉴国内外先进管理经验，打造国际一流管理体系和模式 - 40 -
（四）积极参与他国大科学计划，提升参与深度和国际合作水平 - 42 -
附件 1 深圳发起参与国际大科学计划和国际大科学工程“二十条行动计划” 44
附件 2 深圳优势学科资源概况 49

深圳发起参与国际大科学计划和国际大科学工程策略研究

2018 年 1 月，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席、中央全面深化改革领导小组组长习近平主持召开中央全面深化改革领导小组第二次会议并发表重要讲话，会议审议通过了《积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案》，提出要按照国家创新驱动发展战略要求，以全球视野谋划科技开放合作，聚焦国际科技界普遍关注、对人类社会发展和科技进步影响深远的研究领域，集聚国内外优秀科技力量，量力而行、分步推进，形成一批具有国际影响力的标志性科研成果，提升我国战略前沿领域创新能力和国际影响力。2018 年 3 月，国务院印发了《积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案》，为我国新时期组织发起国际大科学计划和大科学工程（以下简称“国际大科学计划”）提出了战略目标、明确了施工路线图。

2019 年 8 月 18 日，《中共中央 国务院关于支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区的意见》发布，提出以深圳为主阵地建设综合性国家科学中心，在粤港澳大湾区国际科技创新中心建设中发挥关键作用。深圳应围绕信息科学、生命科学、材料科学等综合性科学中心三个主攻方向，结合本

地优势产业基础，坚持“国际尖端、科产协同[1]、创新机制、合作共赢”的原则，联合港澳高校、龙头企业、国内一流高校和科研院所发起参与国际大科学计划，培养和造就一批国际同行认可的领军科学家、高水平学科带头人、学术骨干、工程师和管理人员，形成具有国际水平的管理团队和良好机制，打造高端科研试验和协同创新平台，提升深圳原始创新能力，增强高质量科技供给，推动战略新兴产业逐渐实现全球领跑。

一、国际大科学计划内涵特点与发展特性

（一）内涵特点

大科学计划是为了在科学技术前沿取得重大突破，解决经济社会发展和全球安全中具有战略性、基础性和前瞻性问题而发起的大型科研项目。大科学计划的设计、建造和运行都围绕重大科学目标展开，旨在为科学技术发展提供可进行大规模观测、试验、分析的共享操作平台，以实现前沿领域突破和科学技术发展，占领未来竞争的制高点。

根据项目目标的特点，大科学研究主要分为两类：第一类是需要巨额投资建造、运行和维护大型研究设施或设备的“工程式”大科学研究，又称“大科学工程”，如曼哈顿计划、国际空间站计划、大型强子对撞机计划等；第二类是需要跨学科合作的大规模、大尺度的前沿性科学研究项目，通常是

[1] 科产协同：科技产业协同发展。

围绕一个总体研究目标，由众多科学家有组织、有分工、有协作、相对分散地开展研究，如人类基因组计划、全球变化研究等即属于这类“分布式”的大科学研究。

从内涵上看，大科学计划通常表现为以下特征:

一是项目规模庞大。大科学计划旨在取得科技前沿面的重大突破，目标宏大、任务艰巨，因此需要众多国家的科学家、工程师、建设者等角色共同参与，涉及人员规模通常数以万计。

二是投资成本高昂。大科学计划涉及一系列重大科研仪器和科学装置建造和购置，需要几十亿甚至上千亿美元的资金投入才能满足，往往超出了单个国家所能承受的范围，因此需要多个国家形成合力、共同分担项目成本。

三是影响广泛深远。大科学计划研究的一般是和整个人类息息相关的问题，或是人和自然关系的基本问题，其影响的深度和广度都远超过了一般的科学研究，取得的成果具有革命性的、里程碑意义，每一项大科学计划的成功都会使人类科学发展前进一大步。此外大科学计划还存在巨大的商业价值和经济影响，能够为人类生产、生活带来现实便利，为经济社会发展形成强大推动力。

（二）发展特性

与普通的科学研究项目和计划相比，大科学计划在发起机制、管理体制、经费来源、运行机制等方面均存在显著区

别，综合国际上具有代表的案例可知国际大科学计划主要呈现如下特点:

1.发起机制

✧ **通常采用“自上而下”与“自下而上”相结合的发起方式。**科学项目的发起一般有三种方式，即“自下而上”式、“自上而下”式或二者的结合。“自下而上”指由民间的科学家通过申请或建议来提出项目动议，适用于较小的科学项目;“自上而下”的方式是首先由政府或其他官方组织发动，从国家利益出发解决社会发展中的重大问题，适用于大型科技项目的发起，具有较强的计划性及国家意志色彩；二者相结合的方式则将项目发起的政治过程和技术过程有机地结合起来、把国家意志和科学家的声音结合起来，形成客观、科学和有效的决策体制。这种方式能够有效减少项目选择的失误，又能得到政府和高层机构的支持，因此很适合于大科学计划的发起。

✧ **杰出科学家在大科学计划发起中扮演了重要角色。**在大科学计划最初的萌芽阶段，往往是一些杰出的科学家最先发现其潜在价值从而提出项大科学研究的原初创意，如人类基因组计划中诺贝尔奖得主杜伯克、詹姆斯·沃森最早提出该设想并积极呼吁奔走，最终推动国会将该计划上升为国家级项目，曼哈顿工程也是在爱因斯坦等人努力下才得以启动。

2.管理机制

✧ **形成以契约为基础的合作机制。**由于参与国家较多、技术复杂程度高、利益冲突不断，国际大科学计划很难达成长期稳定的合作关系和实现最终研究目标。因此，大科学计划通常建立在建立有效的合约制度基础之上，对计划的组织与实施做出详细制度安排，例如通过签署共同协议、合作备忘录等形式明确各方权力及义务，同时建立明确的争端解决机制，有利于各国政府在一个共同认可的规则内进行技术、经济和政治博弈，通力合作，保障计划顺利实施。

✧ **通过组建专业化组织进行管理。**越来越多国际大科学计划均通过组建专门的、具有独立法人资格的国际组织来牵头实施和管理，例如大型强子对撞机计划中欧洲核子研究中心本身就是一个专业研究机构，人类基因组计划中各国科学家新发起成立了国际人类基因组组织对基因测序工作进行统一管理。由于大科学计划开放性和国际化特点，管理机构通常还需充当协调机构的角色，负责整个项目在各国、任务小组间的分工与协调，并在各参与主体之间起到桥梁作用，形成与项目有关的团体和组织之间的接触界面，充当建立各国政府与研究机构之间联系的代理机构，接纳新成员，并在各成员之间建立联系。

✧ **具有职责清晰、分工明确的治理结构。**大科学计划通常采用理事会负责制的组织架构，下设管理咨询、科技咨

询、财务审计等专业辅助机构，同时在各合作国设立执行和协调机构。例如国际热核聚变实验计划设立了具有独立法人资格的管理组织，包括理事会及其各专业咨询委员会，并单独设立出口控制与核不扩散工作组（组织内部的管理、技术和工程部门），形成类似于股份公司的治理结构，严谨的治理结构有效平衡了各方利益、推进各项研究计划。

3.运行机制

✧ **依托科研院所、高校等大型科研机构具体执行。**大科学计划多数国家都是依托现有的、具有相当影响力的大型科研机构来具体执行，以充分继承相关领域的科研优势并应用到大科学研究项目中，在此过程中大学、企业及相关研究机构也会参与其中。例如美国多依托劳伦斯伯克利国家实验室、阿贡国家实验室等国立科研机构和麻省理工学院等大学来牵头组织实施大科学研究，人类基因组计划、国际空间站计划均离不开众多科研机构的支持。

✧ **形成以市场化为导向的合作机制。**大科学计划由于投入金额过大因此依靠各国政府的财政支持可能不足以覆盖项目支出，通常需要引入私人部门的合作才能获得更大的投资金额。对具有商业应用价值的项目引入私人投资，通过开展市场化运作获得收益，从而弥补了项目建造的投资成本。例如欧洲的伽利略计划制定了以市场为导向的公私合作机制，私人公司参与了项目建设和开发，在运营阶段获得了 20

年的特许经营权，而公共部门则获得了一大笔初始投资经费，成为公私合作的一大范例。

✧ **建立以利益平衡为手段的动态调整机制。**大科学计划实施期限短则数年、长则数十年，期间国际科技、经济和政治环境往往还会发生较大的变化，为了保障项目顺利实施，管理机构通常建立了以利益平衡为手段的动态调整机制：1）在计划论证和倡议阶段，通常由 2-3 个核心参与国完成，由于工程项目尚未立项经费投入方式不稳定，多按“多渠道化缘”的方式组织开展相关工作；2）在谈判、建设和运行阶段，由于工程的前景、目标和实现路线更加清晰，陆续有更多的国家参与项目建设，同时也会有一些参与方由于国内科技环境、政治环境，以及经济环境等发生变化而退出，各参与方主要通过谈判以及组织管理工作实现稳定的经费保障，在成员国内部也都实现政府立项资助；3）在后续升级和退役阶段，各参与方的组织凝聚力下降，项目实施的目标在各成员方之间出现偏差，项目经费也只能更多地依靠东道国来筹集安排。

✧ **充分获取各国政府的广泛支持。**大科学计划的合作范围不断拓宽，涉及经济、政治以及军事乃至国家安全等各个方面，政府对重大科研成果的需求越来越大，在大科学计划实施中扮演的角色也越来越重要。大科学计划主要由美国等发达国家和欧盟等国际组织牵头实施，其他国家整体实力较弱，但对参与国际大科学计划和大科学工程大都持积极态

度。大科学计划首先需要争取本国政府的支持，以获得良好的政治环境和资金保障；其次与欧美发达国家在技术、科研人员和科研设备上建立合作关系，提升整体科研实力；最后是与其他国家开展广泛的国际科研合作，将研究任务复杂度尽可能分解，从而提高项目成功的可能性。

✧ **建立完善的风险预防和规避机制。**大科学计划实施过程中存在技术、环境、管理上各种风险，任何环节发生问题都可能造成异常严重的后果。因此有的大科学计划制定了完善的风险预警和规避机制，起到了较好的风险应对作用。例如国际热核聚变实验计划建立了一个严格的风险控制体系，规定若任务承担方无法按质按量完成分包任务则由发起方替代完成，原承担方须支付采购合同成本、采购包转移相关的管理成本和其他成本。

4.经费保障机制

✧ **项目成本各方共担，视各自经济条件量力而行。**为了转化风险在实际操作中一般采取多方投资、成本共担、量力分担的机制，在具体出资方面往往根据各参与方所承担的任务大小、自身经济实力以及财政状况来分配。如人类基因组计划中美国和英国扮演了主要角色，也是主要出资方，分别承担了 54%、33%的经费投入，而中国仅承担了 1%的任务量，因此投入的资金也仅有 500 多万美元。

✧ **按整体研究任务进行分解，各自负责部分资金自筹。**

大科学计划通常需要进行任务分解，由不同团队完全负责项目的某一部分，该部分的资金投入则需要各团队自身筹措，例如HGP中6个参与国及16个测序中心在工作上相互合作，但财务上彼此独立、资金自筹。

✧ **以公益资金来源为主，较少依靠商业融资。**大科学计划通常出于人类社会的公共利益制定研究目标，首要考虑的是社会价值和科学价值而非商业价值，因此较少依靠市场机制实现项目融资，主要依靠政府投资、科学基金支持以及少量的民间捐赠。在人类基因组计划中，NIH 的 2/3 投入由基金制运作，1/3 作为院内研究所使用，两笔基金约占美国政府基础研究拨款的 70%以上。

5.产权保护及共享机制

✧ **遵循平等互利、共同投资、共享成果的原则。**大科学计划一般有多个参与主体，它们既是创新研究的主体、又是投资方，尽管在投资规模上和成果贡献大小上有区别，但各方地位平等，都享有免费使用项目成果的权利。尤其是在分布式进行的大科学计划中，研究成果及时共享是保证项目推进的必要条件。

✧ **多数大科学成果不被授予专利保护。**由于大科学计划解决的是整个科学界和人类社会的重大问题，其成果服务于公共利益需求，属于非竞争性的科学技术，或是竞争性不直接的科学技术，因此通常不授予专利保护，可被公众自由

免费获取，人类基因组计划是典型案例。

✧ **对项目衍生技术成果实行专利化。**大科学计划往往会产生出许多衍生成果，促进相关的科技发展，其中部分技术创造是项目参与主体独立完成的，是科技人员智慧的结晶，并不属于项目所要求共享的内容，因此可以实行专利化、挖掘其商业价值，这种机制也对科研人员形成了有效的激励。例如对人体基因功能进一步研究的成果，或通过技术手段从人体中分离出来的基因授予专利，可进一步促进基因研究的深入化发展。

二、国际大科学计划案例研究

（一）曼哈顿计划

1.概述

曼哈顿计划（Manhattan Project）是指美国陆军部于1942 年 6 月开始实施的利用核裂变反应来研制原子弹的计划。该计划集中了西方国家最优秀的核科学家，动员了超过13 万人共同，历时 3 年、耗资 20 亿美元，成功制造出两颗实用的原子弹，于 1945 年 7 月 16 日成功地进行了世界上第一次核爆炸。

2.发起背景

原子核裂变发现时正值二战前夕，1939 年 9 月希特勒率先签发原子弹研制命令，引发科学家对核灾难的恐慌，以爱因斯坦为代表的科学家建议罗斯福总统尽快着手研发以抢

在德国之前制造出原子弹。1941 年 12 月罗斯福批准美国科学研究发展局开始研制原子弹,并于次年 6 月正式开始实施。

3.实施过程

1942 年 8 月初，罗斯福将所有分散在军队、大学和各实验室研制原子弹的单位联合了起来，正式制定了“曼哈顿”计划，最终目标是赶在战争爆发以前造出原子弹。军事当局新建了一个快中子反应和原子弹结构研究基地，即洛斯阿拉莫斯实验室作为牵头机构，同时从各大学借调了粒子加速器及小型核反应堆，向海内外招聘了数千位科学家从事该项研究计划，集中了当时美国最核心的科研资源。整个工程共有 16 项分支工程，集中了理论物理、实验技术、数学、辐射化学、冶金、爆炸工程、精密测量等各方面的数百名优秀科技专家,以及数十万工程技术工人和勤务人员。1942 年 12 月，世界上第一个实验性原子反应堆在芝加哥建成，成功实现了可控的链式反应。1945 年 7 月成功制造出 3 颗原子弹，其中一颗在新墨西哥州的沙漠中试爆成功,爆炸当量大约 21,000 吨 TNT 炸弹，另外两颗先后投放至日本广岛和长崎。

4.管理模式

曼哈顿计划应用了系统工程的思路和方法，大大缩短了工程所耗时间，同时促进了第二次世界大战后系统工程的发展和项目管理方法的诞生。总结而言，曼哈顿计划所呈现的系统工程管理和项目管理方法主要有如下四个特征:

1）明确的项目优先制度

在项目规划阶段曼哈顿计划就被政府赋予了“高于一切行动的特别优先权”，从而能够将军队、大学和实验室最核心的科技资源高度集中起来统一调用，保障了项目所需的科学家、工程技术专家、核试验原料等能够得到及时、有效供给。

2）“三位一体”的管理体制

原子弹的研制工作牵涉大量部门、单位和组织，为了应对协调和管理上的巨大挑战，总统将分散在军队、大学和各实验室的资源进行联合，纳入到名为“曼哈顿”计划的统一管理之下，大大提高了部门之间的协作效率，开创了科学、军事和工业的三位一体的“大科学”典范。这种体制充分发挥了领导统一、组织严密、分工明确、高效协调等优势，为原子弹的研制成功提供了可靠的组织保证。

3）标准化的管理体系

原子弹的制造依赖于大量中间目标的完成，如核反应堆建造、浓缩铀提取等等，为了实现这些庞大的目标，项目实施机构将其分解成一系列中型任务部件，再细分成众多小型指标单元，对整个工程进行系统化和标准化管理，使得研制工作得以有条不紊~~的~~地顺利推进，同时还达到了高度保密目的。

4）自由民主的研究氛围

曼哈顿计划本质上是一个军事计划，但在对基地工程区

内的科学家和实验室实行的确是非军事化管理，为实验室内部提供了充足的自由讨论空间，鼓励科学家们大胆讨论学术见解、各抒己见，使得许多关键性难题取得突破性进展。

5.项目成效

1)极大提升了美国科研创新实力。曼哈顿计划建造了包括洛斯阿拉莫斯核武器实验室在内的一大批重点实验室，为美国在核技术领域培育了大量物质和人才资源。

2)极大促进了原子核物理领域研究。曼哈顿计划解决了原子能应用关键性技术问题，实现了人类历史上第一次可控链式反应，标志着人类正式跨入原子能时代；研究出了实用性的原子弹，为人类科学发展创造了新记录。

3)极大改变了科技创新管理体系和模式。曼哈顿计划采用系统工程和项目管理的方法实现了跨部门、跨学科、跨国别的科研项目高效管理和调度，形成了大规模科学研究的新范式，标志着人类进入大科学计划时代。

4)极大影响了国际政治局势及世界历史进程。核武器的使用促使日本无条件投降，从而直接扭转了二战局势,核力量配置深刻影响了二战后国际政治局势以及世界历史进程。

（二）人类基因组计划

1.概述

人类基因组计划（Human Genome Project，HGP）是指于1990年正式启动，由美国科学家主导，英、法、德、日、中

等五国共同参与的人类基因测序项目。该计划由美国科学家于 1985 年率先提出，旨在测定组成人类染色体中所包含的六十亿对碱基组成的核苷酸序列，并绘制人类基因组图谱。HGP 是人类为了探索自身的奥秘所迈出的重要一步，是继曼哈顿计划和阿波罗登月计划之后人类科学史上的又一个伟大工程，该项计划于 2003 年最终完成。

2.发起背景

HGP 计划诱因最早来自美国能源部进行的核辐射对人类基因突变作用的研究，1985 年 5 月美国能源部（DOE）首次提出对人类基因组进行测序计划的初步草案，但遭到众多科学家和公众的反对，认为计划不具备现实性和可行性。以诺贝尔奖获得者杜伯克为代表的科学家做了大量论证与探讨，促使美国国立卫生研究院（NIH）加入到人类基因测序的验证之中。在科学界激烈探讨下美国国会于 1990 年 10 月正式批准了“人类基因组计划”，并划拨 30 亿美元巨额预算用于项目实施。

3.实施过程

人类基因组计划从项目提出到最终完成历经 23 年时间，实际实施为 13 年，整个项目实施划分为 3 个阶段。）**项目执行阶段（1991—1997 年）。**初期 DOE 和 NIH 作为主要执行部门负责项目实施，英、日、法、德、中等国也相继加入这一计划，为了协调各国科研工作科学家共同发起成立了非政府

组织——国际人类基因组组织(HUGO),负责制定统一标准、整合各个专题研究组的数据、构建人类基因组遗传图和物理图谱。**3）战略调整阶段（1998 年—2000 年）。**1998 年私人基因测序公司塞莱拉成立，宣布其将采用新的技术方法在三年内领先于 HGP 完成全部的人类基因组测序，并计划将部分成果申请专利实现商业化应用，这对 HGP 的研究工作形成巨大威胁和挑战。为此 HGP 被迫进行了战略调整，将研究目标调整为尽快得到基因组的初期“草图”,同时加快了整体研究进程。**5）项目完成阶段（2000 年-2003 年）。**在美英两国政府的协调下 HGP 与塞莱拉公司达成协议合作推进基于测序工作,并于 2000 年 6 月共同宣布人类基因组草图的完成。2003 年 4 月，6 国科学家宣布人类基因组序列图绘制成功，人类基因组计划的所有目标全部实现，提前两年圆满完成研究计划。

4.管理模式

HGP 首次采用了分布式大科学组织模式，即通过建立众多研究中心来完成研究目标，形成以任务为导向的管理模式，主要呈现如下特点:

1）清晰界定研究目标

早在项目启动之初就设立了十分明确的研究目标，该目标成为计划在实施过程中各组织和科学家用以考核、管理和指挥的标尺，为研究计划指明了方向。同时设置了不同阶段

的中间目标，制定了与之对应的详细规划和任务时间表，同时可根据项目进展情况灵活调整，这些规划成为各部门的行动指南。

2）弹性化的管理方式

在项目初期为了分解庞大的研究任务 NIH 共启用了 16 家主力研究中心参与了测序工作，这种组织形式获得了众多研究机构的支持和投资，但同时带来了管理和效率上的问题。1998 年开始受私人公司竞争压力的影响将资助和管理对象压缩至五家研究中心，从而加强了实验室间的沟通和合作。弹性的管理方式还体现在各部门多样化的管理方式中，例如对大型研究中心采取集中化管理，而小科学项目分散式进行；NIH 和 DOE 的管理方式也有所不同，DOE 采用的是典型的层级制，指令自上而下进行传达，而 NIH 采取中心协调战略，表现为分布式的管理方式和扁平化的组织结构。

3）自上而下和自下而上相结合的组织方式

在 HGP 正式启动之前，以杜伯克为代表的生物学家首先提出了基于测序的科学构想引发学术界的大讨论，逐渐引起美国国会重视并最终上升为国家级重大科研项目，因此从发起机制上呈现出“自下而上”特征。在项目实施过程中需要投入大量的人力和物质资源，只能依靠国家行政力量对项目整体进行统筹和调配，保证了项目能够按计划顺利推进，因此表现出明显的“自上而下”特征。

4）灵活多样的经费管理方式

HGP 由美国两个国家机构 DOE、NIH 和英国私人慈善基金会 Welcome Trust 共同出资经营，经费来源多种渠道、资助过程更加分散化，这使得该项目不仅汇集了更多的资金，还促使使各部门竞争申请经费以加快项目进展。美国国会直接授权项目负责人可以给 NIH 以外的合作单位分配经费，但申请经费需要通过 NIH 研究院同行评议来获得，这既可以使各部门维持正常工作，又给那些没有达到预期目标或没有合理控制经费的部门以警示，以经费激励的方式促使各部门提升研究效率。

5）高度开放共享的产权制度

NIH 制定了研究成果和数据释放政策，要求所有测序中心原始数据在 6 个月之内释放，无条件向全世界开放共享。1996 年起由于基因测序技术的重大突破，基因数据日生产量越来越多，6 个月的释放标准改为“24 小时公开”原则（百幕大原则）。尽管这一原则有效避免其他单位重复研究，大大推进了项目整体进展。

5.项目成效

1）大大促进了生命科学领域研究。新世纪以来科学家们已绘制出 40 余种物种的基因组图谱，在未来 10 至 20 年里还将解读大量生物的遗传密码，与此同时基因组研究重点将进入确定基因结构与功能等应用研究阶段，推动生命科学巨

大进展。

2）为医学及人类健康领域带来革命性突破。人类基因组图谱加深了科学家对各种基因功能及基因之间相互作用了解，能够更加全面、深入揭示人类致病基因，为各种疾病的诊断、防治和新药的开发提供革命性武器，极大促进基因诊断、基因疗法和基因药物等的开发，形成未来医学发展的重要分支。

3）带来极其丰厚的经济回报及经济效益。据测算 HGP 为美国社会创造了超过 200 倍的经济回报，超过 30 万个工作机会，同时也实现了在相关高科技领域的持续性主导。此外人类基因研究促进了生命科学与信息科学、材料科学等相结合，带动一批新兴高技术产业的发展，使生产力得到进一步的提升。

（三）国际空间站计划

1.概述

国际空间站计划（International Space Station，ISS）是由美国及俄罗斯等五国共同参与、旨在向地球轨道发射载人航天器的国际合作计划。ISS 最初由美国总统里根于 1983 年首先提出，经过近十余年的探索和多次重新设计，于 1993 年完成设计并开始实施，由美国、俄罗斯、日本、加拿大、巴西五国航天局及欧洲航天局 6 个主要机构共同执行，总投资超过 1000 亿美元。

2.发起背景

ISS 前身是美国航天航空局（NASA）的“自由号”空间站，是 “星球大战”计划的组成部分，后期由于费用昂贵和技术难度而被搁置。冷战结束后，克林顿政府致力于谋求与俄罗斯在军事技术等领域合作，同时为防止俄罗斯已有的火箭及导弹技术扩散，提出以提供巨额经济补偿为条件获取俄罗斯“和平号”空间站建设技术和经验。在美国副总统戈尔的推动下两国在空间领域的合作达成一致，商谈合作建立太空站的构想，自由号太空站由此重获新生。1994 年美国政府签署了新的 ISS 计划，在俄罗斯所提供的空间站核心技术支持下正式开始了国际空间站建设。

3.实施过程

新的 ISS 计划主要分为三个阶段进行: **1）项目准备阶段（1994 年-1998 年）。**这一阶段主要任务是为后续空间站建设进行必要人员和物质准备，一是美俄两国宇航员互相学习对方语言、文化和技术，一起学习在空间站上工作和生活，同时两国科学家和工程师互相分享经验、学习有关空间站和航天飞机的知识；二是完成美国航天飞机与俄罗斯“和平”号空间站的对接飞行实验。**2）初级装配阶段（1998 年-2001 年）。**该阶段主要任务是开发并部署美俄共同的空间站核心元素，目标是建立 1 个能容纳 3 人的初期空间站。在近 3 年时间内美国和俄罗斯等国采用航天飞机、“质子”号火箭等运

输工具进行了15次密集飞行，成功完成了“曙光”号多功能货舱、“团结”号节点舱及其他核心组件的运送和装配。**3）联合装配和应用阶段（2002年至今）。**主要任务是安装其他应用模块，包括美俄联合系统，以及欧空局和日本的实验舱、加拿大的移动服务系统等，至2011年完成全部组件组装任务。国际空间站主体部分由9个舱组构成，分别由各成员国单独或合作完成。此后国际空间站进入日常运营阶段，作为科学研究和开发太空资源的重要手段。

4.管理模式

国际空间站任务是人类有史以来投入资金最大、难度系数最高的大型科研任务，该项目的实现得益于以NASA为核心、各国“精诚合作”的建设进和管理模式，特点如下:

1）规范、明晰的框架协议

1998年9月，美国、俄罗斯、欧空局各成员国、日本及加拿大政府正式签署了《民用国际空间站合作的协议》(IGA)，同时空间站合作国还与NASA单独签署了《双边谅解备忘录》及航天合作协议，明确了国际空间站各参与国的相互关系及各自的权利义务，这为后续项目的实施绘制了整体的合作框架，同时提供了完善的争端解决机制。

2）成本共担、灵活多元的资金管理方式

根据协议安排各参与国应负担根据各自责任费用，包括公平分担共同系统的运行费用或属于空间站的整体运行费

用，各参与国负担的经济义务取决于其资金审批情况。同时为了保证项目所需资金充足，还鼓励各参与国按照各自资金审批程序获取尽可能多的资金，当某一方资金供给出现困难时将与其他方或全体参与国共同磋商解决。为了减少不必要的资金流转，合作方之间的交易经常以“以货易货”方式进行结算。

3）严密细致的产权保护机制

在空间站建设及运营过程中大量数据、资源、科研成果、技术发明应用等产生于外层空间，因此产权保护机制较地面更加复杂，合作国为此专门签署了空间站开发、运营及利用相关的国际法，包括《外空条约》、《营救协定》、《责任公约》和《登记公约》。协议规定，各成员国对其登记的飞行组件、本国人员拥有管辖和控制权，在国际空间站内的发明创造活动产权尤其登记部分国家享有；各国在相关规定下转让必要的全部技术数据和资源，但同时遵从各参与国国内的知识产权保护法律体系。

4）一体化的高效管理体系

ISS 采用了中心负责制的运营管理组织架构，IGA 协议赋予 NASA 对空间站项目的全部责任，包括协调、指挥、系统工程和总装、安全要求、载人基地日常运行的计划和指导，各合作方保留对各自项目负有的首要责任，由此形成了以 NASA 为核心、各合作方为支撑的管理体系。ISS 的组织架构

由三级构成，第一级是项目指导委员会，第二级由空间站项目办公室、约翰逊空间中心以及空间站应用研究中心组成，第三级是具体执行运营任务的各航天中心。

5）高度协同的国际合作机制

各合作国之间形成了广泛、高度协作的合作机制，例如2003年美国哥伦比亚号航天飞机失事，航天飞机项目被迫停中止，美国在合作伙伴俄罗斯的载人飞船和货运飞船的协助下相关工作得以持续进行；此外在空间站主体结构的建造上，各国在短时间内协作设计、制造、组装了不同实验舱段，提供了多种运输器及设备，为空间站提供了丰富的资源和强大的活动能力，完成了单个国家不可能完成的任务。

5.项目成效

1）为空间科学研究和太空资源开发提供了有利手段。国际空间站已完成大量新结构、新材料、新设备测试，同时对微重力保持、声学效应等课题展开了研究，为下一步载人月球探测和火星探测开展某些需要有人参与的技术试验和演示验证做了必要准备。

2）为前沿交叉领域研究提供了实验平台。国际空间站实验舱能够进行多个交叉学科领域最前沿的实验研究，目前已为100多个国家开展了2500多项科学实验，科研人员还利用空间站试验其他尚未完全掌握的技术，在基础科学和生物医学等方面扩展全人类的知识，为以后可能出现的突破性进

展奠定理论和技术基础。

3）为国民经济和社会发展创造了巨大经济价值和应用价值。国际空间站的建设直接带动了航空科技产业的迅速发展，应用过程中产生的科技成果转化后产生了巨大的商业应用价值。据 NASA 测算，欧洲国家为 ISS 项目共投入 8 亿欧元，1995 年-2016 年间该项目为欧洲国家带来新增就业人数达 21 万人，产生高达 14.6 亿欧元的经济增加值以及 7 亿欧元的公共部门收入。

（四）大型强子对撞机计划

1.概述

大型强子对撞机（Large Hadron Collider，LHC）计划是欧洲核子中心（CERN）于 1994 年发起、80 个国家共同参与的国际大型科技合作计划，目标是建造世界上最大、能量最高的粒子加速器。该项目共有 80 个国家和地区的 2000 多名科学家参与~~子这一项目~~，投资总额达 55 亿美元。LHC 已取得一系列重大科学发现，例如 2012 年成功发现被称为“上帝粒子”的希格斯玻色子，使得关于物质质量来源的研究取得革命性进展。

2.发起背景

1959 年 CERN 领先美国一步建成了世界上第一台强聚焦同步加速器 CPS、规模最大的电子对撞机等设备，借助 CPS 欧洲科学家从实验上证实了弱电统一理论，大大加深了人类对

物质结构和相互作用力的认识，由此获得诺贝尔物理学奖。在科研成果的巨大激励下 CERN 成员国理事会于 1994 年批准了更大规模加速器 LHC 的建造计划，以产生能量更高的粒子束。

3.实施过程

LHC 建设计划获批后陆续吸纳日本、印度、俄罗斯和美国作为观察员国家加入，同时签署了捐款协议。该计划初始预算为 26 亿瑞士法郎，建造过程中由于经费来源减少、大幅超支以及意料之外的技术难题，于 2007 年 4 月完成建造。2008 年 9 月 LHC 完成了调试环节进入运行阶段。第一轮运行期为 2010 年至 2013 年，第一年即产生了 1.18TeV 强度的光束，成为世界上能量最高的粒子加速器；2012 年 7 月成功发现希格斯玻色子。经过 2 年的更新改造后，LHC 于 2015 年开始第二轮运行并持续至 2018 年末。

4.管理模式

LHC 计划是首个由非政府组织主导的大型国际科研项目，形成了独具特色的、以国际组织为核心的管理模式，特征如下：

1）高度开放的合作机制

CERN 充分发挥了国际合作优势，通过广泛吸纳新的合作伙伴将任务难度和投入大大分解。从 1995 年开始 CERN 陆续吸纳日本、美国和俄罗斯作为观察员国家加入建造计划，作

为观察员国家除了参与共同科研任务外，还需以捐款的形式主动分摊部分建造费用，例如日本政府实际提供的数额了150 亿日元，美国投入了 5.31 亿美元，俄罗斯是 ATLAS 和 CMS 实验的重要参加国，同时还为 LHC 计划提供了包括输运线磁铁、横向减振系统在内的等许多专用设备以及高素质的研究人员。此外，LHC 计划还与中国、印度、巴基斯坦、东欧和中亚等众多发展中国家建立了深度合作关系，仅 ATLAS 合作组就包括 33 个国家、150 个研究所、1850 位物理学家共同参与。这种机制有效了改革传统的科研预算体系，推动科研预算走向国际化。

2）民主化的项目决策机制

LHC 计划实行委员会负责制，委员会中 10 名来自 CERN 会员国，其余 17 名来自欧美和日本等观察员国家，可见外部专家在决策机构中占据多数，这保证了评议的客观性和公正性。委员会的主要任务是对实验意向书做出评估，由于转置结构复杂、实验环境苛刻、人力财力方面限制严格，要求委员会之间开展广泛的讨论，逐步取得一致性的意见，才能形成探测器最终的设计方案。

3）合理有序的任务分工制度

从项目建设而言各合作国所需要分担两方面任务：一是经费分摊。CERN 与各参与国的经费支持部门（如各国的科学基金委员会、财政部门等）签订了谅解备忘录，，明确规定了

各国各研究单位在LHC建造过程中所负担的经费贡献，由各国所承担的任务量以及实际经济能力确定。二是建造任务分解。主要的任务同样按照谅解备忘录确定，但项目中还存在许多物理意义不强、价值不高但又必不可少的建造任务，如购买电缆、制冷设备、编写共用软件等，各国均不愿独自承担该部分任务，实际做法是将其作为公共项目通过协商分摊到各参与单位。

4）成熟稳健的运行机制

CERN在超过半个世纪的运作中形成了一整套成熟、健全的运行机制，这为LHC项目的成功建设提供了组织和体制保障。CERN由理事会作为最高权力机构进行日常事务管理工作，控制 CERN 各项科技研发和行政活动，制定各项科技政策和行政决策，同时负责批准科研活动计划和预算、审议项目支出。理事会下设立了科学政策委员会和财政委员会作为辅助机构。科学政策委员会的职责在于审核各项科研活动的质量和标准，确保其具备科学价值，在此基础上形成推荐意见。财政委员会负责各成员国经费相关事项，由来自各国行政部门的代表组成，主要处理CERN的预算和支出、各成员国每年的贡献额，CERN的资金和运行费根据各成员国的净国民收人按比例分摊。

5.项目成效

1）开启物理学研究的“新黄金时代”。LHC 产生的高能

质子束为质量的起源、万有引力及神秘的暗物质研究提供了有力武器，特别是希格斯玻色子的发现成功解决了物理学里最重要的难题之一，开启了物理学重大发现的 “新黄金时代”。

2）极大促进了高能物理领域国际科研合作。LHC 计划管理和协调了近 80 个国家长达十几年的国际合作，开创了国际科研合作新篇章，尤其是形成了高能物理领域各国通力合作攻克重大难关的新模式；此外 LHC 计划还产生了显著的外溢效应，各国尤其是发展中国家培养和锻炼了一批具有国际合作经历、国际研究见识的科研队伍，例如中国在参与 LHC 计划中掌握和发展了 RPC、高速电子学读出等技术，有效促进我国网格技术（GRID）、大规模试验装置建造等技术的发展，同时还形成了一支包括北京大学、清华大学、中国科技大学等高等院校在内的年轻研究队伍。

三、深圳发起参与国际大科学计划的优势与潜力分析

要牵头组织大科学计划和大科学工程，首先要能够聚焦国际科技界普遍关注、对人类社会发展和科技进步影响深远的研究领域，选择出能够在国际上引起广泛共鸣的项目。其次要具有吸引别国参与的国家影响力，同时如何协调各国利益，管理来自不同文化的团队也是很大的考验。

（一）深圳国际大科学计划发展现状

1. 大亚湾反应堆中微子试验项目

1）项目简介

大亚湾反应堆中微子实验项目是由中国首次主导的大型国际基础科学研究合作项目，由美国、俄罗斯、捷克、中国台湾、香港等五个国家和地区的二十多个单位、一百多位物理学家共同参加。该项目于2006年获得立项，次年正式开工建设，2012年3月8日宣布首次发现了中微子的第三种振荡模式并测出其振荡几率，该成果入选当年《自然》杂志评选的十大科学进展，并获得 2016 年度国家自然科学奖一等奖。此次实验项目填补了我国在中微子这一基础物理研究领域的空白，显著提升了我国物理学家国际影响力；同时在我国国际科技项目合作的深度、广度和自主性上均实现了质的飞跃。

2）主要经验与优势

✧ **构建了国际标准的组织和管理架构。**该项目按大型粒子物理实验的国际惯例设立了国际合作项目组进行组织和管理，有效保障了各国科学家能够高效协作。项目组下设由中科院高能所与美国伯克利、布鲁克海文国家实验室组成的实验监管机构（LOG）。各合作方分别签署了合作备忘录，确定各方的经费投入和工作责任范围。国际合作组内部按合作组章程组织和管理，中方与外方各设发言人一名，负责实验的日常运行，在外代表实验合作组。此外，还设立了国际资金委员会、项目顾问团等其他专业团队负责协调工作。

✧ **有效保障了经费、人员和技术支持。**采用项目成员共同分担的方式有效保障了项目所需资源，在人员方面，海内外共有 38 个科研单位的约 270 名科研人员参与，其中 22 个单位、150 人来自境外；在人员方面，中方共投入 1.5 亿元人民币，并承担了全部土建工程和一半的探测器研制；美方投入了 3400 万美元、近 100 人研究人员，负责建造了另一半探测器；其他国家和地区各有几十万至上百万美元的实物或经费贡献。此外，该项目在国内不仅获得了中央财政、广东省和深圳市资金投入，还获得了以中广核集团为代表企业的支持，在开创了国家、地方、企业与国际科研力量共同支持基础科学研究的先河。

✧ **实行了灵活高效的项目管理制度。**在项目工程实践中，建立了一套既有中国特色又与国际接轨的质量控制和管理制度，大大简化了项目的复杂度、推动项目有序进行。例如制定了同时符合中国和美国安全标准的制度协议；建立了规范的工程图纸管理系统、关键部件的评审制度、有关工程设计准则的文件；采用视频电话会议的形式召开定期工程例会，使得项目中出现的问题迅速解决，保障了项目的实施进度。

2. 国际“千人基因组计划”

1）项目简介

国际千人基因组计划是由深圳华大基因研究院、美国人

类基因组研究所及英国 Sanger 研究所于 2008 年 1 月共同发起的人类基因测序计划，目标是测定全球 1000 个人类个体的全基因 DNA 序列，并绘制人类基因组遗传多态性图谱。该项目是首次由中国科学家共同发起的基因组国际科研项目，标志着中国基因组科学实现了由参与到引领的跨越发展。该项目已于 2012 年成功完成。

2）主要经验与优势

✧ **深厚的科研实践经验和高水平的科研成果。**深圳基因科技研究基础雄厚，建成全球最大的基因测序服务中心和基因组学研究中心，新一代测序能力与超大规模生物信息计算分析能力世界第一。深圳在基因组学领域了引领作用，完成了第一个中国人基因组序列图谱、第一个水稻序列图谱，构建了肠道菌群参考基因集，发现了癌症单细胞研究新方法，在《自然》、《科学》、《细胞》等杂志发表论文超过 80 篇，PCT 国际专利申请数量超过 200 件。深圳华大基因已成为世界最大的基因组研发与科技服务机构，在基因研究领域具有近 20 年的技术和检验积累，为中国和世界基因组科学的发展做出了突出贡献，奠定了中国基因组科学在国际上的领先地位。

✧ **国际一流的基因测序平台和科研队伍。**华大基因研究院建立了大规模测序、生物信息、克隆、健康、农业基因组等技术平台，尤其是其开发的新一代高通量测序技术和计算方法大幅提升了基因组测序能力及分析能力，达到世界领

先水平，新技术的应用使得“千人基因组计划”的实施成本由预估的 5 亿美元大幅缩减至 1 亿美元以下；此外，研究院还建设了一只具有世界水平、年轻的科研队伍，人数规模达 4000 余人。

✧ **持续、稳定的大规模经费投入保障。**华大基因研究院得到了国内外持续的科研经费支持，在“千人基因组计划”完成当年科研经费投入高达 11 亿元，其中有一半来自于国外，政府补助金额为 210.75 万元（近两年增长至近 2000 万元），此外每年还有来自华大基因集团的大量资金投入，充分保障了项目的经费需求。

✧ **广泛、深入的国际科研合作关系。**华大基因研究院开展了广泛的国际国内科技合作与交流，先后启动“中丹合作糖尿病”项目、“中国欧盟合作肠道微生物”等合作项目，在世界范围内形成了一定的号召力。在此次“千人基因组计划”项目中，除了美、英之外，还该联合了来自世界各地的多学科研究团队，包括意大利、日本、肯尼亚、尼日利亚及秘鲁等国，每个团队分别贡献了巨大的测序数据集，为后期项目的进行提供了高质量的数据保障。

3. 万种植物基因组项目

1）项目简介

万种植物基因组项目是 2017 年 7 月由华大基因研究院与美国斯密森尼生物多样性基因组学项目组联合发起的植

物基因测序项目，是地球生物基因组计划的重要部分。该项目计划在五年内通过全球的广泛合作、全面的资源搜集以及系统的科学设计和研究，对 1 万种植物的基因组进行测序，以推进生物多样性、进化、生态保护及各种重要基础科研和农业应用转化问题的研究。目前该项目现已收到来自美国、英国、法国、澳大利亚、加拿大等国际科学家的样品寄送，同时中国科学院植物研究所、中科院华南植物园、深圳市中科院仙湖植物园、中科院上海植物逆境中心、复旦大学、香港大学等国内主要植物科研机构及高校也积极参与到项目中。

2）主要经验与优势

✧ **依托国家级基因库资源优势。**2011 年 1 月华大基因研究院获批组建“国家基因库”，该库成为继美国、日本和欧洲之后全球第四个国家级基因库。深圳国家基因库拥有大规模、高质量、规范化的生物样本资源，以及世界一流的测序技术、高性能计算平台、国际领先水平的基因组科学研究基础，有充足的实力和资源开展植物基因测序项目。

✧ **深圳在植物研究领域实力不断提升。**深圳是首批国家生物产业基地城市，非常重视植物学科领域的研究，经过 30 余年的发展深圳在植物科研领域屡获突破，目前深圳汇聚了中科院仙湖植物园、中国农科院深圳生物育种创新研究院、中国农科院深圳农业基因组研究所、深圳市兰科植物保护研

究中心等一大植物学相关研究机构，深圳植物学研究的整体实力大幅提升，深圳所产出的植物学基因组数据占全世界的70%。

（二）深圳发起参与国际大科学计划的基础与优势

1.城市综合经济实力雄厚

国际大科学计划的顺利开展需要强大的经济实力及产业创新能力支撑。2018年深圳市经济总量达2.4万亿元，居全国第三位，人均GDP达19万元/人，位居全国第一，为发起国际大科学计划奠定了雄厚的经济基础。科技创新项目的支持力度持续加大，2018年全社会研发投入超1000亿元，投入强度全国遥遥领先，且大部分流向了高新技术产业。对基础科学研究、重大科技项目的经费支持呈现爆发式增长，在大亚湾中微子探测项目、国家基因库项目、深圳超算中心项目的资金投入分别达1000万元、1亿元、12.3亿元；2019年深圳推出重大科技基础设施关键技术和设备研发扶持计划，支持在深圳建设的先进材料、空间科学探测、合成生物三大重点领域的重大科技项目建设，单个项目资助最高达4000万元。在国际合作方面，专门设立了国际科技合作研发项目和交流项目资助计划，单个项目资助最高达100万元。

2.高端科技创新资源集聚

在综合性国家科学中心建设背景下，深圳高端创新资源不断集聚。一是高质量基础研究平台建设加速。陆续建成国

家超级计算深圳中心、大亚湾中微子实验室和国家基因库。二是加快布局重大科技基础设施，包括在信息技术（IT）领域谋划布局未来网络试验设施、国家超级计算深圳中心（二期）等重大创新平台，在生物和生命健康（BT）领域谋划布局深圳国家基因库（二期）、精准医学成像设施、合成生物研究重大科技基础设施等重大创新平台。三是产业体系愈发完备、配套愈发便捷。围绕香港、澳门、广州、深圳四大中心城市的主要创新节点基本形成“半小时科研圈”、“一小时产业圈”，集聚了新一代移动通信、平板显示、高端软件、生物医药等 7 个产值超千亿的战略性新兴产业集群。

3.顶尖企业技术全球领先

2018 年深圳市七大战略性新兴产业实现增加值 9155.18 亿元，增长 9.1%，占 GDP 比重达到 37.8%。全市高新技术产业实现产值 23871.71 亿元，同比增长 11.66%，实现增加值 8296.63 亿元，同比增长 12.7%。在新一代信息技术、互联网、新能源汽车、智能制造、高端医疗装备、无人机等领域，形成具有全球竞争力的优势产业集群。华为是全球最大的移动通信设备企业和第二大智能手机厂商，比亚迪成为全球唯一同时具备新能源电池和整车生产能力的企业，迈瑞是全球领先的医疗设备和解决方案供应商，大疆科技已经占领了消费级无人机全球 70%的市场份额，贝特瑞成为全球最大的锂离子电池负极材料供应商。

4.深港科技合作日益紧密

深圳与香港的科技合作日益密切，双方在 2007 年就签订了“深港创新圈”合作协议，在产学研基地建设、发展新型研发机构、科研人才培养、青年创新创业等领域开展了务实合作,取得了可喜进展,打下了良好基础。截至 2018 年末，香港著名高校依托驻深研究院（产学研基地）设立科研机构 72 家、建设各级各类科研平台 44 个，累计承担国家和省、市科技项目 1300 多项，一批优秀的科技创新企业在深圳成长壮大。近期《中共中央国务院关于支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区的意见》专门提出，要加快深港科技创新合作区建设。如今，深港科技合作正在全面提质提效，步入新的发展“快车道”。

5.科技体制机制高效灵活

深圳在坚持根本政治制度、基本政治制度的基础上，充分发挥拥有经济特区立法权和较大市立法权的独特制度优势，对标全球创新高地，按照国际通行规则和科研规律深化科技体制机制改革。建立常态化的政企科技创新咨询制度，在制定科技计划和遴选攻关项目时，充分征求企业和科研机构意见；探索建立科研项目经理人制度，提高研发效率和成果质量；探索建立科研容错机制，鼓励科研人员大胆探索、挑战未知。

（三）深圳发起参与国际大科学计划的挑战与不足

1.创新型科技人才结构性不足

创新型科技人才结构性不足矛盾突出，世界级科技大师缺乏，领军人才、尖子人才不足，工程技术人才培养同生产和创新实践脱节。例如在深圳全职工作的两院院士不足百人，与北京、上海相距甚远，同时国际大科学计划不仅依赖于顶尖科学家对项目进行统筹引领，还需要大量高层次科研人员和工程技术人员作为项目支撑，深圳目前仅在个别领域初步具备这些条件，从全局战略高度来看仍需要大幅提升。

2.基础科学研究能力仍需积淀

深圳科学创新基础能力和水平仍需积淀，对大院大所和重大科技基础设施的建设和运行缺乏经验；动员和吸引全球创新资源的能力有待提高，大量聚集高端创新人才和高技能人才的基础和环境仍有待夯实和完善，对关键核心技术和前沿技术掌握不足。在科研机构方面，近年来已陆续组建或引进高端研究院、实验室，但多数仍处于培养和成长阶段，其作用和影响力尚未完全显现，不足以完全满足开展国际大科学计划的需要。

3.国际化科技服务体系供给不足

国际化科技服务体系供给不足，阻碍大湾区全球科技合作“引进来”与“走出去”。一是未建立与国际接轨的知识产权保护制度。内地知识产权法律法规中，除《商标法》外，其他尚无惩罚性赔偿制度规定，而香港《版权条例》对此给

予明确规定。二是我国知识产权保护和执法的国际公信度不高。相关专家反馈国外部分科学家等人士对内地涉及知识产权保护及执法等相关机构、法律制度的公信度不够信任。三是国际化专业科技服务机构缺位。受制于制度规则差异，如行业标准体系差异、关税制度差异、法律法规限制等，专业技能强、国际公信力高的香港及海外专业服务机构和高端专业人才不能有效服务内地市场。

4. 国际科技合作高质量成果稀缺

深圳现有的国际科技合作以自发性、小范围的项目为主，缺乏系统性、深入性、大规模、高难度的重大国际合作项目，具有重大影响和价值的科技合作成果稀缺。在现有的国际科技合作项目中，无论项目规模、研究难度、研究成果的价值和意义都达不到真正意义上的大科学标准，整体合作质量不高。

四、深圳发起参与国际大科学计划的策略建议

（一）加强组织领导和协调管理，统筹编制大科学计划战略规划

1. 组建跨部门统一工作机制，编制大科学计划战略规划。由深圳科创委、发改委、财政局、知识产权局等部门联合成立国际大科学计划办公室或管理委员会（以下简称委员会），作为官方牵头机构负责跟踪当今世界各国前沿科技领域的最新动态和发展趋势，结合《国家创新驱动发展战略纲要》、

《广东省科技创新规划》、《深圳市科技创新发展规划》等部署，从深圳市高新技术产业发展方向、重大科技需求、经济社会发展需要等出发，围绕深圳市优势产业和学科，编制深圳市发起参与国际大科学计划战略规划，并明确各项目阶段性战略目标、资金来源、建设方式、运行管理机制。

2.探索建立首席科学家制度，为项目规划提供前瞻性指引。借鉴以色列科技创新管理模式，在委员会下设若干不同学科领域首席科学家和首席科学家办公室，作为委员会科学顾问为国际前沿科技领域研判发展趋势、提供宏观指引及专业性意见。考虑到大科学计划本身的特点，首席科学家应当是本学科领域内具有崇高学术威望、巨大国际影响力和号召力的世界顶尖级专家，如诺贝尔奖获得者、国家级科学院院士等，为此需要在全世界范围内进行筛选和聘请。

3.建立大科学计划公开征集制度，拓宽项目需求征集渠道。建立“自上而下”和“自下而上”相结合的项目征集制度，一方面由委员会充分调研、综合首席科学家及相关政府部门的意见编制项目规划，另一方面通过项目征集制、悬赏制面向全球研究机构、组织、科学家、公众征集大科学计划设想或提议，集思广益、群策群力，提高国际大科学计划战略规划的开放度和参与度。

（二）加强重点项目遴选和培育，审时度势推动大科学计划实施

4.建立大科学计划培育基金，遴选一批重点支持培育项目。由市科创委、市财政局安排资金建立大科学计划培育基金，依托深圳已有和在建的重大科技基础设施、基础研究机构、诺贝尔奖科学家实验室、国家重点实验室、国家工程（技术）研究中心、海外创新中心、全球知名高科技企业，根据条件实施程度和人力财力保障状况，围绕我市优势学科遴选一批具有巨大发展前景、能够取得重大突破性科研成果的大科学计划进行重点培育。

5.组建大科学计划咨询委员会，建立科学规范的评审制度。组建由科技界、工程界和产业界等高层次专家组成的大科学计划咨询委员会，一方面负责为管理委员会重大项目决策提供咨询和参考，另一方面负责对大科学计划的优先领域、战略规划、项目论证等进行咨询评审。建立大科学计划评审专家库，主动遴选国内外高层次评审专家，科学制定项目筛选程序。

6.建立大科学计划国际协调机制，倡议国际科学界通力合作。组建国际协调委员会，负责与 CERN、NASA、HUGO 等国际著名科研机构和组织建立合作关系，就重点培育的大科学计划向国际科学界发出倡议，与有合作意向的科研机构开展深入磋商和谈判，并争取对方在人员、技术、资金等方面给予支持和协助，不断拓展和深化合作关系。

7.建立项目全球招标制揭榜制，组建高水平国际化合作

团队。通过项目招标制、揭榜制向全球招募人才，充分发挥首席科学家的号召力吸引顶尖科研团队加入，建立大科学计划顶级海外专家库，遴选具有较高科研实力及合作意向的组织和团队，组建高水平、跨国别国际科研合作团队。

8.因势利导对入选项目动态管理，综合评判后启动项目实施。对入选的重点培育项目进行持续动态管理和评价，积极创造、争取有利于项目开展的有利资源和条件。积极组织做好预研工作，对工程建设中涉及的所有关键技术和设备进行攻关，最大程度地降低工程风险，预研工作完成后由决策部门、各参与方以及专家学者就项目成熟度和可行性进行评估，获得通过后再决定是否进入正式立项、启动实施程序。

（三）借鉴国内外先进管理经验，打造国际一流管理体系和模式

9.组建大科学计划运营管理机构，构建职责清晰的治理结构。借鉴国内外大科学计划先进建设和管理经验，由国际大科学计划管理委员会牵头，整合具有国际影响力的国家实验室、科研机构、高等院校等各方资源，组建独立运营的科研机构、股份公司或政府间国际组织，作为单独的实体具体负责整个项目的实施、管理和运营。该实体在各方达成的共同协议基础上进行活动，构建职责清晰、分工明确的治理体系和架构，包括项目决策机构（理事会）、监督机构、运营管理机构以及其他专业性辅助机构，如专家咨询委员会、财务

审计机构、国际协调机构等。

10.建立多元化经费筹集渠道，探索项目经费常态化运行机制。积极拓宽大科学计划经费筹集渠道，提高经费使用效率，实现大科学计划经费常态化运行。加大财政资金对大科学计划投入力度，充分利用现有资源和资金渠道更好发挥财政资金的引导作用，积极引导更多企业、社会资本以及国际社会和组织资金支持投入到大科学研究；探索共同出资、共同组织大科学研究任务新机制，根据实际需求测算和编制项目经费概算，鼓励社会资本参与，建立多元化投入机制；支持企业、社会组织设立大科学研究基金会，通过接受社会捐赠、设立联合基金等方式筹集经费。

11.实施最严格的知识产权保护，探索科研成果开放共享机制。建立大科学计划知识产权保护委员会，按照国际最高标准制知识产权保护机制，提高对研究成果技术发展潜力的认识，严格保障具有潜在价值技术的安全性，避免相关研究成果流失。在充分保障各方公平享有相关科研成果的同时，探索大科学计划成果向各国科学家及公众开放共享机制，对于非竞争性的重大科学发现及时、免费向全世界公开，对工程类大科学计划建立开放共享平台，鼓励科研人员使用最新科研设施分享科研成果，真正做到物尽其用。

12.建立国际化人才联合培养机制，强化高水平人才队伍建设。依托大科学计划建立国际化高端人才培养机制，充

分发挥合作方各自资源优势组建跨地域、跨学科、跨团队的工作组和合作平台，强强联合、优势互补、互惠共赢，一方面着力打造世界顶尖水平的科学家队伍，提升项目整体科研水平，另一方面着力培养大科学计划运营管理人员，提升项目运营管理绩效，构建高水平、国际化、可持续的技术人才和管理人才梯队。

13.建立监督评估和动态调整机制，有效应对项目潜在风险。建立大科学计划监督评估和动态调整机制，定期对项目执行状况和整体情况进行跟踪检查，并根据评估结果对项目目标、技术路线、研究任务、经费安排进行及时调整。同时建立完善的风险预警和规避机制，在项目实施前对项目实施过程中突发的重大风险事件如项目经费中断、成员中途退出、技术攻关失败等进行评估，建立由各合作方共担的风险应对机制，尽可能减少风险带来的冲击和损失。

（四）积极参与他国大科学计划，提升参与深度和国际合作水平

14.设立国际大科学计划奖励基金，鼓励参与他国大科学计划。由市科创委和市财政局发起设立深圳国际大科学计划奖励基金，积极鼓励深圳本地科研院校、研究机构、企业及科学家参与由他国发起的国际大科学计划，对其中做出了重要贡献、取得重大科研成果、产生显著影响的组织和个人给予奖励和资金支持。

15.提升大科学计划参与广度深度，积累项目组织管理经验。积极参加不同学科领域的大科学计划、深度融入全球创新网络，鼓励科研机构主动承担项目核心科研任务，深度参与项目组织运行和管理，为深圳牵头组织大科学计划积累宝贵项目经验。

附件 1　　深圳发起参与国际大科学计划和国际大科学工程“二十条行动计划”

附件 2　　深圳优势学科资源概况

附件 1

《深圳发起参与国际大科学计划和国际大科学工程“二十条行动计划”》

为贯彻落实《中共中央 国务院关于支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区的意见》和《积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案》，围绕信息、生物、材料等综合性国家科学中心三大主攻学科方向，聚焦国际科技界普遍关注、对人类社会发展和科技进步影响深远的研究领域，联合港澳高校、龙头企业、国内一流高校和科研院所发起参与国际大科学计划和国际大科学工程（以下简称“国际大科学计划”），培养和造就一批国际同行认可的领军科学家、高水平学科带头人、学术骨干、工程师和管理人员，打造高端科研试验和协同创新平台，助力深圳建设世界一流的综合性国家科学中心。为更好的组织实施国际大科学计划，制定“二十条行动计划”。

一、统筹编制大科学计划战略规划

1. 成立国际大科学计划管理委员会（以下简称委员会）。围绕深圳市优势产业和学科，编制深圳市发起参与国际大科学计划战略规划，并明确各项目阶段性战略目标、资金来源、建设方式、运行管理机制。

2.设立首席科学家制度。在委员会下设若干不同学科领域首席科学家和首席科学家办公室，作为委员会科学顾问为国际前沿科技领域研判发展趋势、提供宏观指引及专业性意见。

3.建立国际大科学计划公开征集制度。通过项目征集制、悬赏制面向全球研究机构、组织、科学家、公众征集大科学计划设想或提议，集思广益、群策群力，提高国际大科学计划战略规划的开放度和参与度。

二、审时度势推动大科学计划实施

4.建立大科学计划培育基金。由市科创委、市财政局安排资金建立大科学计划培育基金，围绕我市优势学科遴选一批具有巨大发展前景、能够取得重大突破性科研成果的大科学计划进行重点培育。

5.组建大科学计划咨询委员会。为管理委员会重大项目决策提供咨询和参考，负责对大科学计划的优先领域、战略规划、项目论证等进行咨询评审。

6.建立大科学计划评审专家库。主动遴选国内外高层次评审专家，科学制定项目筛选程序。

7.组建国际协调委员会。与 CERN、NASA、HUGO 等国际著名科研机构和组织建立合作关系，就重点培育的大科学计划向国际科学界发出倡议，与有合作意向的科研机构开展深入磋商和谈判。

8.建立项目全球招标制、揭榜制。向全球招募人才，充分发挥首席科学家的号召力吸引顶尖科研团队加入。

9.设立大科学计划顶级海外专家库。遴选具有较高科研实力及合作意向的组织和团队，组建高水平、跨国别国际科研合作团队。

10.积极组织做好预研工作。对入选的重点培育项目进行持续动态管理和评价，预研工作完成后由决策部门、各参与方以及专家学者就项目成熟度和可行性进行评估，获得通过后再决定是否进入正式立项、启动实施程序。

三、打造国际一流管理体系和模式

11.组建大科学计划运营管理机构。由国际大科学计划管理委员会牵头，整合具有国际影响力的国家实验室、科研机构、高等院校等各方资源，组建独立运营的科研机构、股份公司或政府间国际组织，作为单独的实体具体负责整个项目的实施、管理和运营。

12.构建规范的大科学计划运营管理架构体系。大科学计划运营管理机构在各方达成的共同协议基础上构建职责清晰、分工明确的治理体系和架构，包括项目决策机构（理事会）、监督机构、运营管理机构以及其他专业性辅助机构，如专家咨询委员会、财务审计机构、国际协调机构等。

13.建立多元化经费筹集渠道。加大财政资金对大科学计划投入力度；探索共同出资、共同组织大科学研究任务新

机制；支持企业、社会组织设立大科学研究基金会，通过接受社会捐赠、设立联合基金等方式筹集经费。

14.组建大科学计划知识产权保护委员会。按照国际最高标准制知识产权保护机制，严格保障具有潜在价值技术的安全性，避免相关研究成果流失。

15.探索科研成果开放共享机制。在充分保障各方公平享有相关科研成果的同时，探索大科学计划成果向各国科学家及公众开放共享机制，对于非竞争性的重大科学发现及时、免费向全世界公开，对工程类大科学计划建立开放共享平台。

16.构建国际化高端人才培养机制。充分发挥合作方各自资源优势组建跨地域、跨学科、跨团队的工作组和合作平台，着力培养大科学计划运营管理人员，提升项目运营管理绩效，构建高水平、国际化、可持续的技术人才和管理人才梯队。

17.建立大科学计划监督评估和动态调整机制。定期对项目执行状况和整体情况进行跟踪检查，并根据评估结果对项目目标、技术路线、研究任务、经费安排进行及时调整。

18.建立完善的风险预警和规避机制。在项目实施前对项目实施过程中突发的重大风险事件如项目经费中断、成员中途退出、技术攻关失败等进行评估，建立由各合作方共担的风险应对机制，尽可能减少风险带来的冲击和损失。

四、提升参与深度和国际合作水平

19.设立国际大科学计划奖励基金。由市科创委和市财政局发起设立深圳国际大科学计划奖励基金，积极鼓励深圳本地科研院校、研究机构、企业及科学家参与由他国发起的国际大科学计划，对其中做出了重要贡献、取得重大科研成果、产生显著影响的组织和个人给予奖励和资金支持。

20.鼓励科研机构主动承担大科学计划核心科研任务。积极参加不同学科领域的大科学计划、深度融入全球创新网络，深度参与项目组织运行和管理，为深圳牵头组织大科学计划积累宝贵项目经验。

附件 2

深圳优势学科资源概况

	信息科学	生物科学	材料科学
顶尖专家	· **诺奖得主：**Arieh Warshel · **两院院士：**方滨兴、Stephen Boyd、郭位、杜善义、高文、刘韵洁、徐扬生、陈国良 · **外国院士：**John Hopcroft、罗智泉 · **其他：**樊建平、傅峰春	· **诺奖得主：**Brian Kobilka、Roger Kornberg、Aaron Ciechanover、Barry Marshall · **中科院院士：**饶子和、杨焕明 · **外国院士：**Dinshaw Patel	· **诺奖得主：**Andre Geim · **两院院士：**俞大鹏、成会明、唐叔贤 · **其他：**张山青、赫晓东、朱世平、冯冠平
已完成/已建	· 国家超级计算深圳中心项目(863 计划) · 移动智能终端 SoC 存储控制器 IP 核关键技术研究(863 计划)	· 国家基因库项目 · 国际“千人基因组计划”	
在研/在建/拟建	· 国家超算深圳中心二期 未来网络试验设施重大科技基础设施项目（参建）	· 国家基因库（二期） · 合成生物研究重大基础设施项目 · 脑解析与脑模拟重大基础设施项目 · 精准医学影像组学大设施项目 · 国家医学大数据基础设施	· 材料基因组大科学装置平台 · 微纳超结构碳材料的设计制备及高效能量转换与存储研究项目(973 计划)
国际合作	· 深圳超算中心已与美国橡树岭实验室在全球变暖、生命健康、疾病防治、人才培养等领域达成合作意向	· 国家基因库已与联合国粮农组织、美国自然历史博物馆等 100 多个组织和科研机构建立合作关系，在人类健康、生物多样性、生物进化机制等方面开展了广泛合作研究	
科技成果	· 第四代移动通信系统 · 3GPP 5G 预商用系统 · 麒麟芯片 · 5G 智能手机、无人机技术、智能机器人	· 全球最大的国家级基因库之一 · 高通量测序仪 · 全球首个获批上市的基因治疗新药 · 国内首个生物工程 I 类新药 · 遗传病筛查等示范应用	· 石墨烯太赫兹芯片 · 高性能锂离子电池用石墨和石墨烯材料 · 3D 显示、柔性显示 · 特种玻璃