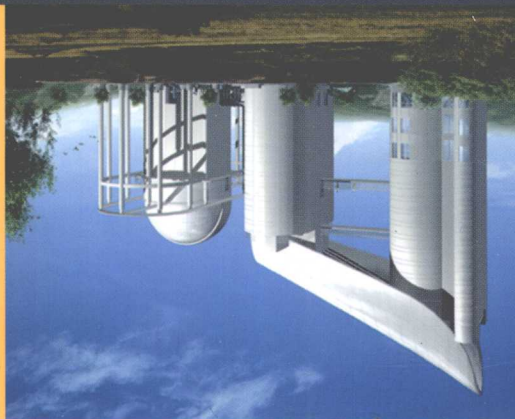


BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS
北京理工大学出版社

Studies on the Large Scale Scientific Facilities in China

杜澄 尚智从 等著



大科学与工程研究

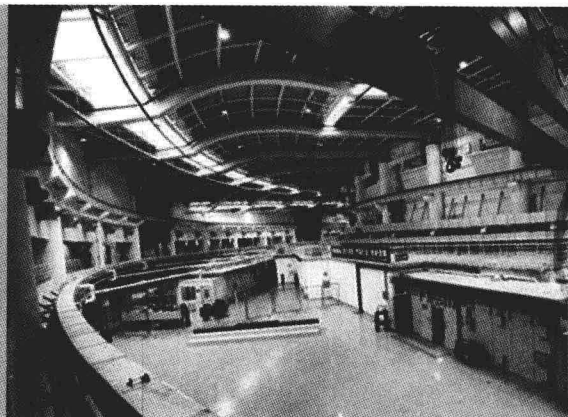
国家



Studies on the Large Scale Scientific Facilities in China

国家 大科学工程研究

杜澄 尚智丛 等著



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

国家大科学工程研究/杜澄等著. —北京: 北京理工大学出版社, 2011. 4
ISBN 978 - 7 - 5640 - 4447 - 3

I. ①国… II. ①杜… III. ①科学技术—研究报告—汇编—中国
IV. ①N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 070367 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心)

68911034(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市通州富达印刷厂

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 22

字 数 / 403 千字

版 次 / 2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数 / 2000 册

定 价 / 65.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

序一

大科学工程是科学技术领域的大型基础设施，是 20 世纪中叶以来科学技术发展的重要里程碑。大科学工程的建设需要较大的资金投入、严谨的预制研究、周密的工程设计、系统的组织实施和高水平的建设团队。大科学工程建成后通过长期的稳定运行和持续的科学技术活动去实现重大科学技术目标——面向国际科学技术前沿，为国家经济建设、国防建设和社会发展做出战略性、基础性和前瞻性贡献。时至今日，发展大科学工程并依托大科学工程实现科技前沿领域突破，已成为现代科学技术发展的重要趋势之一。

随着世界科学技术飞速发展，科学研究的规模不断扩大、内容不断深化，科学研究对其所依赖的实验条件有了更高的要求。这集中表现在实验要求的能量更大、强度更高、时间更短、环境更苛刻等极限研究条件。1939 年，美国建成世界上第一台加速器，大科学工程由此诞生。这一实验装置使人类对物质世界的认识由原子层次逐步发展到更深层次。在 70 余年的历史中，大科学工程在不断提升人类探索自然奥秘极限的能力，使科学研究有可能向微观化、宏观化、复杂化等方面不断深入，从而取得更多重要发现。目前，世界各国已建成众多大科学工程，还有更多在建或计划建设项目。这些大科学工程大致可分为公共实验平台、专用研究装置和公益基础设施等三类。大科学工程发挥出前所未有的积极作用，是现代科学技术诸多领域取得突破的必要条件，是建立具有强大国际竞争力的国家大型科研基地的重要依托条件，是带动国家高新技术进步，促进经济发展、国家安全和进步的重要科技基础设施。是否拥有高水平的大科学工程设施和人才已经成为一个国家创新能力和综合国力的重要标志。

新中国建立初期，我国即开始建设大科学工程，在“两弹一星”计划带动下，取得了良好开端。改革开放后，在党和国家领导人的关怀和支持下，我国对大科学工程的投入又有了较大幅度增长。“七五”期间投资 3.4 亿元人民币，建设 2 项大科学工程；“九五”和“十五”期间的投资则增加到近

40 亿元人民币，建设 21 项大科学工程。“十一五”期间，我国投入 60 多亿元人民币，建设 12 项大科学工程。未来“十二五”期间的大科学工程建设正在规划中……

目前，我国已有的大科学工程包括：作为公共实验平台的同步辐射装置、放射性核素装置和科学数据库；高能物理研究专用的正负电子对撞机和重离子加速器；核聚变研究专用的托卡马克装置与超导托卡马克装置；作为公益基础设施的中国地壳运动观测网络、大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜工程、中国生态网络、遥感卫星地面站和大陆科学钻井等等。

利用这些大科学工程，我国科学家开展了生物大分子结构、高能物理、粒子物理、固体物理、核聚变、地质结构与变迁、生态环境、天体演化等多领域的研究工作，推进跨学科研究，并取得突出成就，令世人瞩目，大幅度提升了我国在国际上的科技竞争力。利用这些大科学工程，我国科学家还为国家资源调查与开采、大工程建设规划、区域与城市建设规划、自然灾害预防与救助、医疗等国家建设与社会事业提供了大量准确的科学数据，大大支持了国家建设。与此同时，我国的大科学工程也为国际合作与交流提供了高水准的平台，大大提升了我国在世界范围的科技影响力。

当前，世界各国都充分认识到大科学工程在国家创新能力中的重要地位，纷纷制定了雄心勃勃的大科学工程发展路线图。在国家相关部门的大力支持下，作为我国大科学工程建设的主要承担者，中国科学院于 2009 年提出了我国 2050 年大科学工程发展路线图。未来我国大科学工程将本着“布局合理，重点发展，加强合作”的发展方针，依据“长远规划，集中建设，规范管理，多用户服务”的战略思路，建成若干世界一流的大科学工程，为国家战略需求和世界科学前沿做出更大的贡献。

我国大科学工程从无到有，从少数领域到覆盖多个领域，从当初的主要面对粒子物理和核物理研究的大型专用装置逐步扩展到多学科交叉前沿的大型研究平台和重大科学技术公益设施，取得了一批具有重大科学意义的创新性成果，大大提升了我国在国际上的科技竞争力。但是，与发达国家的类似设施相比，我国一些已建大科学工程还存在差距。总结我国大科学工程建设与运行的有益经验，发现其建设与管理之不足，探讨配套基础设施之薄弱、开放共享机制之短缺以及运行的定期评估和监督方面之缺陷，将大大有利于我国大科学工程的发展。针对这些问题，中国科学院组织“国家大科学工程建设的实证研究和管理创新政策建议”专题研究，选择部分具有代表性的大

科学工程，开展实地调研，发现问题并尝试提出解决措施。这些研究有益于我们完善大科学工程的建设与管理工 作。

我相信，在科教兴国和建设创新型国家宏观战略的指引下，我国大科学工程的建设、运行、开放和研究工作一定能够实现持续发展。

师昌绪

2011 年 3 月

序二

本书所说的“大科学工程”现在被称为“重大科技基础设施”，为了方便及与本书书名保持一致，我还是用“大科学工程”这个名称。大科学工程是20世纪科学技术发展的重要产物，对人类科技文明和经济、社会发展产生了巨大的影响。经过近70年的发展，所涉及的领域迅速扩展，形态逐渐多样，数量持续增长，水平不断提升，影响愈来愈深刻和广泛。今天，在一些发达国家，不少大科学工程已经以集群的形式发挥作用，依托大科学工程构建的大型科学研究基地已经成为国家创新能力和国际科技竞争力的重要力量。

新中国建立之初，我国即依托“两弹一星”计划建设大科学工程。“七五”至“十五”期间，我国大科学工程建设逐步铺开，进入“十一五”以来，则快速发展。目前，累计投资约120亿元人民币，大科学工程项目达到40多项。依托这些大科学工程，我国科学家取得了一系列突出成就，大幅提升了我国在国际上的科技竞争力。利用这些大科学工程，我国科学家还为国家资源调查与开采、大型基本建设工程规划、区域与城市建设规划、自然灾害预防与救助、医疗与卫生等国家建设与社会事业提供了大量科学数据，为我国高技术发展与经济社会进步，做出了突出贡献。《国家中长期科学和技术发展规划纲要》（2006—2020年）和国家“十一五”规划都对我国大科学工程的建设做出了部署。预计在未来的三个五年规划期间，大科学工程的规模还将大幅度增加。

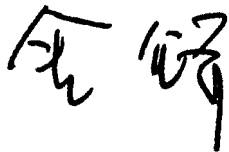
中国科学院是承担我国大科学工程建设和运行的主要力量，目前运行工程11个，在建工程7个，包括全部三类大科学工程。其中，第一类是为特定学科领域的重大科学技术目标建设的研究装置，例如，北京正负电子对撞机、兰州重离子加速器、超导托卡马克核聚变实验装置、神光装置和大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜；第二类是为多学科领域的研究提供强大支持能力的大型公共实验装置，例如，合肥同步辐射装置及上海光源；第三类公益型研究设施是为国家经济建设、国家安全和社会发展提供基础数据的重大基础科学技术设施，例如，中国遥感卫星地面站、长短波授时系统、中国西南野生生物种质资源库，等等。大科学工程提高了我国参与国际竞争的能

力，促进和拉动了国家高新技术发展，成为建立国家大型科研基地的重要条件。这些大科学工程的成功运行，取得了丰硕的成果，在国家的发展中发挥了重要作用。

目前，在国家发展和改革委员会、财政部、科学技术部等九部委的共同领导下，全国 150 多位专家参加，正在制定直至 2030 年的我国重大科技基础设施建设中长期规划。可以预见，未来几十年中，我国大科学工程工作将得到快速发展，面向科学技术前沿和国家重大需求，为国家科学技术进步、国家安全与经济社会发展做出战略性、基础性和前瞻性的贡献。

机遇与挑战并存。面对建设创新型国家、加快转变经济发展方式提出的全方位需求，面对科学前沿酝酿的重大突破提出的迫切需要，我国大科学工程的发展遇到严峻的挑战。这主要体现在如下几个方面：其一，大科学工程建设工程技术综合、复杂，往往集许多先进技术于一身，因而建设过程中具有许多不确定性，国内外的实践都证明，这是一项十分艰巨的任务和严峻的挑战；其二，世界科学技术前沿研究对大科学工程的先进性不断提出新的、更高的要求，建设高性能的装置成为各发达国家占领科技竞争战略制高点的一个重要举措；其三，我国在建成的大科学工程上的科学研究已取得了丰硕的成果，但创新性仍亟待加强；其四，作为科技风险较高的大中型基本建设项目，需要不断优化大科学工程的建设与运行管理，获得最佳“性价比”，使大科学工程在科技进步和经济社会发展中发挥基础性作用。这些都是值得我们不断深入研究的重要课题。从总结实践经验和教训的角度，“国家大科学工程建设的实证研究和管理创新政策建议”专题研究在此方面进行了独特和有益的探讨。这项工作也和大科学工程的规划研究形成了较好的补充。

我们相信，在建设创新型国家的进程中，我国大科学工程将持续发展。中国科学院也将极大地提升自身的科技创新能力，做出更多的重大创新成果。



2011 年 3 月

目 录

第一章 国家大科学工程建设的实证研究和管理创新政策建议	1
第一节 大科学工程概况与本课题研究方案	2
一、国际大科学工程的发展概况	2
二、我国大科学工程建设概况	6
三、本课题研究方案	10
第二节 研究案例的典型意义	12
一、基本情况分析	13
二、科学技术效益分析	17
三、经济社会效益分析	20
第三节 大科学工程的建设经验	21
一、总体规划布局	21
二、做好预制研究	23
三、推进共享与国际合作	24
四、建立网络结构的管理模式	27
五、适应科技发展水平与社会经济条件,改造与 更新大科学装置	29
第四节 大科学工程建设中提出的突出问题	29
一、人才队伍建设与稳定问题	30
二、用户估测与培育问题	30
三、知识产权与相关法律问题	31
四、军民合作问题	31
五、经费的预算与使用问题	31
第五节 大科学工程的建设经费相关问题的分析	32
一、重离子冷却存储环(CSR)资金使用情况分析	33
二、大天区多目标光纤光谱望远镜(LAMOST) 资金使用情况分析	42
三、大科学工程的资金概算与拨款使用分析建议	47
第六节 政策建议	49
一、关于完善大科学工程体制机制的建议	49

二、关于强化大科学工程“软”环境建设的建议	53
三、关于加强大科学工程建设管理程序的建议	54
四、关于完善大科学工程项目预算制度, 避免 建设经费大规模超支的建议	58
第二章 大科学工程发展概况	60
第一节 国际大科学工程的建设状况	60
一、公共实验平台	60
二、专用研究装置	66
三、公益基础设施	67
第二节 依托大科学工程发展大型科研基地的情况	68
一、美国布鲁克海文国家实验室 (BNL)	69
二、德国电子同步加速器研究所 (DESY)	70
三、美国费米国家实验室	71
四、欧洲核子研究中心 (CERN)	72
五、日本的四大研究基地	73
第三节 依托大科学工程开展的国际科技合作	74
一、粒子物理实验研究的国际合作	74
二、天文学大科学工程的国际合作	74
三、受控热核聚变装置的国际合作	76
四、散裂中子源的国际合作	76
五、遥感卫星地面站的国际合作	76
六、我国参与大科学工程国际合作的成就	77
第四节 国际大科学工程发展趋势	79
一、依托大科学工程是现代科学技术发展的趋势	79
二、大科学工程是加强国际合作, 建设具有强大科学研究 能力的大型综合科研基地的依托	80
三、大科学工程是提供社会发展所需科技保障的基础设施	81
第五节 我国大科学工程建设概况	82
一、我国大科学工程已具备一定规模, 利用大科学工程 取得了良好科学技术成果并促进了社会发展	82
二、我国大科学工程国际合作取得一定成果	83
三、我国大科学工程建设有自身特点, 但距离国际 先进水平还存在差距	83
第六节 未来我国大科学工程的发展方针与战略思路	84

一、“布局合理，重点发展，加强合作”是现阶段 我国大科学工程的发展方针	84
二、“长远规划，集中建设，规范管理，多用户服务” 是发展我国大科学工程的基本战略思路	86

第三章 我国先进超导托卡马克装置大科学工程建设的

实证研究和管理创新政策建议	87
第一节 托卡马克装置的起源及其发展简述	88
一、世界范围的经济增长对寻找未来新能源提出要求	88
二、受控热核聚变是新能源来源的一个重要思路	89
三、托卡马克装置	89
四、我国的托卡马克研究	90
第二节 HT-7U 超导托卡马克立项过程	91
一、立项的意义和目标	91
二、项目的初次投资预算和建设周期估计	94
三、项目的初次评估	94
四、增加项目经费预算及最终批复	96
第三节 工程建设过程概要	99
一、可行性报告及其评估	99
二、成立项目建设指挥机构	100
三、探索工程建设的规律性	102
四、工程建设的施工组织设计大纲	103
五、实施工程建设的制度和队伍建设	106
六、工程建设的招投标	107
七、完成工程建设	108
八、竣工验收	111
第四节 取得的成就	112
一、直接成果	112
二、人才培养	113
三、国际合作	114
第五节 经验与问题	115
一、取得的经验	115
二、存在的问题	117
三、若干建议	119
第六节 结语	121

第四章 上海同步辐射光源的实证研究和管理创新政策建议	123
第一节 上海同步辐射光源概况	123
一、同步辐射与同步辐射光源	123
二、上海同步辐射光源的建设背景和必要性	125
三、SSRF 的建设目标与建成后的国际水平	126
四、SSRF 的科学意义与社会效益	127
第二节 SSRF 的立项	128
一、对我国大科学工程立项的基本程序考察	128
二、SSRF 立项的具体程序	130
三、选址是 SSRF 立项的重要内容	133
第三节 大科学工程的预制研究	135
一、国内大科学工程预制研究的主要模式及特点	136
二、国外有关大科学工程的前期研究和预制研究	140
三、预制研究的必要性	143
四、预制研究的主要内容	144
五、SSRF 的预制研究	145
第四节 SSRF 的用户情况	152
一、我国第一、第二代光源用户情况介绍	152
二、国外同步辐射用户情况的概述	158
三、上海光源 SSRF 的用户	158
第五节 SSRF 的组织机构和管理模式	160
一、有关大科学工程组织机构的相关规定	161
二、SSRF 立项及建设过程中的组织机构变迁	161
三、对建成后的 SSRF 管理模式和体制的几点设想	165
第六节 SSRF 立项中反映的问题及管理建议	167
一、国家应该在大科学工程管理上建立专门的规章制度	168
二、我国大科学工程建设需要进一步完善专家评审、评议机制	169
三、我国大科学工程的立项迫切需要完善政府决策程序	171
第七节 SSRF 预制研究中反映的问题及管理建议	171
一、预制研究阶段应该成为大科学工程建设中的独立阶段	171
二、预制研究的立项应该同国家大科学工程的 总体规划相辅相成	172
三、预制研究的经费来源和经费配置方式需要进一步明确	172
四、预制研究中需要处理项目的不确定性和队伍 稳定性之间的矛盾	173

第八节 大科学装置用户方面存在的问题及管理建议	173
一、明确大科学装置用户问题的基本原则	173
二、正确认识立项前对用户问题估测的作用	174
三、合理分配用户培育责任	175
四、重视发挥用户在装置建设中的作用	176
五、加强用户使用装置中的知识产权管理	176
第五章 “中国地壳运动观测网络”的实证研究与管理创新建议	177
第一节 “中国地壳运动观测网络”概述	178
一、简介	178
二、立项背景	182
三、立项目标	188
四、项目分工情况	190
第二节 “中国地壳运动观测网络”的效益分析	191
一、科学效益分析	191
二、减灾效益和经济、军事等社会效益分析	200
三、对其二期建设具有积极意义	203
四、效益的总体评价	204
第三节 “中国地壳运动观测网络”的建设、运行与 管理模式分析及政策建议	205
一、该项大科学工程的特点	206
二、该项大科学工程建设、运行与管理模式的特色与经验	207
三、该项大科学工程建设、运行与管理模式存在的问题	215
四、政策建议	218
第六章 北京正负电子对撞机 (BEPC) 工程的决策建造、 运行管理与改建扩建	225
第一节 BEPC 的立项决策与建造	226
一、背景：上下同心	226
二、立项：七下八上	227
三、建设：同心协力	231
四、成就：成果粲然	235
五、结论：若干启示	238
第二节 BEPC 的运行和管理	238
一、组织体系	238

二、规章制度·····	239
三、同步辐射器装置用户的管理·····	239
四、BEPC 改造过程中的管理·····	243
第三节 科学效益与社会效益·····	244
一、科学效益·····	244
二、社会效益·····	246
第四节 运行和管理的经验·····	247
一、广泛而卓有成效的国际合作·····	247
二、BSRF 全面免费的开放方式·····	249
三、注重大科学工程对公众的影响·····	249
第五节 知识产权管理问题及相关建议·····	250
一、对科学发现的保护·····	250
二、对技术成果的保护·····	252
第六节 BEPC 的改扩建工程 (BEPCII)·····	253
一、立项论证·····	253
二、改造进程·····	259
三、二期与一期工程·····	266
四、结论·····	270
五、经验问题与建议·····	272
第七章 大天区多目标光纤光谱望远镜工程研究·····	277
第一节 LAMOST 设计思想的提出·····	278
一、我国天文学研究的战略选择·····	278
二、LAMOST 的设计思路·····	280
三、LAMOST 的创新之处·····	281
第二节 从设计思想到工程方案·····	283
一、LAMOST 关键技术的预制研究·····	283
二、关于 LAMOST 工程方案预研制的设想·····	284
三、预研制的实际执行·····	287
第三节 LAMOST 的立项决策与工程方案·····	288
一、LAMOST 的立项决策·····	288
二、LAMOST 的总体方案·····	289
三、关键技术解决方案·····	290
四、LAMOST 各子系统研制的安排·····	291
五、项目的建设进度和计划·····	292

六、项目的建设规模、投资估算及建成后的运行方式·····	293
第四节 LAMOST 工程的组织运行及项目管理·····	294
一、LAMOST 建设的管理架构·····	294
二、LAMOST 项目组织运行·····	295
三、项目管理·····	297
四、质量控制与保障·····	298
第五节 LAMOST 的实施进展·····	299
一、两大关键技术的攻克·····	299
二、各子系统的设计、样机研制和批量制造进展·····	301
三、对 LAMOST 建设状况的初步评估·····	302
第六节 LAMOST 建设中存在的问题·····	303
一、工期拖延·····	303
二、经费超支·····	304
第七节 LAMOST 项目的经验·····	305
一、LAMOST 为我国基础研究的战略选择提供了典型范例·····	305
二、LAMOST 工程带动了关键技术突破·····	306
三、LAMOST 的研制和建造过程,促进了相关产业的创新·····	306
四、LAMOST 的建设过程培养了相关学科的人才·····	307
五、LAMOST 的建设促进了与国际科学界的广泛交流与合作·····	307
第八节 政策建议·····	308
一、按照大科学工程的特点,完善大科学工程管理体制·····	308
二、应在立项之前高度重视预研制阶段·····	308
三、大科学工程应该建立由科学家和工程管理专家 结合的管理团队·····	309
四、保持大科学建设组织体系的连续性·····	309
附录·····	310
附录 1 我国已建和在建的主要大科学工程项目基本情况·····	310
附录 2 我国参与的主要的国际共建大科学工程·····	311
附录 3 “十一五”期间我国大科学装置建设计划·····	311
附录 4 1988—2007 年高能物理研究所利用正负电子对撞机发表 论文情况及排序·····	312
附录 5 1988—2005 年高能物理研究所利用正负电子对撞机 获得专利情况·····	313

附录 6	1987—2005 年高能物理研究所利用正负电子 对撞机所获奖项情况统计	315
附录 7	大科学工学程资金财务分析计算公式	318
附录 8	美日欧已建和在建的主要大科学工程项目基本情况	319
参考文献		324
后记		333

第一章

国家大科学工程建设的实证研究和管理创新政策建议

大科学工程是 20 世纪中叶以来科学技术发展的重要里程碑。大科学工程的设计与建设乃是涉及科学、技术、工程、产业诸多领域的多学科、多目标以及多种不确定性的复杂系统工程。

新中国成立以来，特别是改革开放后，我国大科学工程工作在各方面都取得了显著的长足进步。近几年来，有一些研究从战略、规划和项目建议的角度分析大科学工程，本研究——“国家大科学工程建设的实证研究和管理创新政策建议”则是第一次从总结的视角出发，开展对大科学工程建设所涉及的各种问题的研究，以期形成对以往大科学工程研究的互动和补充。

这里，有一点需要提及，即“大科学工程”与“大科学装置”在语意上的区别。我们原则上认同中国科学院大科学装置发展战略研究组在 2003 年 6 月完成的《我国大科学装置发展战略研究和政策建议》中的论述，“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，以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国际科学技术前沿，为国家经济建设、国防建设和社会发展做出战略性、基础性和前瞻性贡献。”在语意上，“大科学装置指的是装置本身，大科学工程则指大科学装置的建设项目。”同时，我们还认为，在一定的意义上，相对于大科学“装置”而言，大科学“工程”具有更为广泛的内涵，在其“被建造”过程中核心目标就是“装置”本身。

本研究作为实证性研究更多关注的是大科学装置作为一项科学工程从其规划决策、实施建设到运行完善的过程。工程建设所形成的科学装置的运行状况分析同样可以视做建设工程的“后评估”。无论从工程管理还是从“装置”管理的角度，实证研究的建议应该并且可以涉及更广泛的层面，可以进一步提高政策建议的协调性和可操作性。

大科学工程实践研究进一步表明，国家大科学工程建设主要具有以下特点：

- (1) 大科学工程建设是整个国民经济和社会发展建设的重要组成部分；
- (2) 大科学工程是现代科学技术发展的基础和开展基础研究的重要手段，工程建设必须是高起点、高水平，并且要结合我国的优势有所创新；
- (3) 大科学工程建设是科学研究、工程技术诸方面跨学科、跨领域的系统工