

学术引领系列



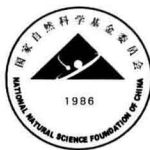
国家科学思想库

未来10年 中国学科发展战略

天文学

国家自然科学基金委员会
中国科学院

 科学出版社



国家科学思想库

未来10年 中国学科发展战略

天文学

国家自然科学基金委员会
中国科学院

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

未来 10 年中国学科发展战略·天文学/国家自然科学基金委员会,
中国科学院编. —北京: 科学出版社, 2012. 2
(未来 10 年中国学科发展战略)
ISBN 978-7-03-033430-5

I. ①未… II. ①国… ②中… III. ①天文学-学科发展-发展战略-
中国- 2011~2020 IV. ①P1-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 014592 号

丛书策划: 胡升华 侯俊琳

责任编辑: 郭勇斌 雷 旻/责任校对: 赵桂芬

责任印制: 赵德静/封面设计: 黄华斌 陈 敬

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail. sciencep. com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

http://www. sciencep. com

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 3 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012 年 3 月第一次印刷 印张: 13 1/4

字数: 183 000

定价: 42.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

联合领导小组

组 长 孙家广 李静海 朱道本

成 员 (以姓氏笔画为序)

王红阳 白春礼 李衍达

李德毅 杨 卫 沈文庆

武维华 林其谁 林国强

周孝信 秦大河 郭重庆

曹效业 程国栋 解思深

联合工作组

组 长 韩 宇 刘峰松 孟宪平

成 员 (以姓氏笔画为序)

王 澍 申倚敏 冯 霞

朱蔚彤 吴善超 张家元

陈 钟 林宏侠 郑永和

赵世荣 龚 旭 黄文艳

傅 敏 谢光锋

战略研究组

- 组长** 方成 院士 南京大学
- 副组长** 张家铝 院士 中国科学技术大学
- 成员** (以姓氏笔画为序)
- 艾国祥 院士 中国科学院国家天文台
- 孙义燧 院士 南京大学
- 李惕碛 院士 清华大学
- 苏定强 院士 南京大学
- 陆埏 院士 中国科学院紫金山天文台
- 陈建生 院士 中国科学院国家天文台
- 周又元 院士 中国科学技术大学
- 黄润乾 院士 中国科学院国家天文台云南天文台

秘书组

- 组长** 景益鹏 研究员 中国科学院上海天文台
- 副组长** 杨戟 研究员 中国科学院紫金山天文台
- 董国轩 研究员 国家自然科学基金委员会数学物理科学部
- 林宏侠 副处长 中国科学院院士工作局
- 成员** (以姓氏笔画为序)
- 丁明德 教授 南京大学
- 刘晓为 教授 北京大学
- 李向东 教授 南京大学
- 汪景琇 研究员 中国科学院国家天文台

张双南	研究员	中国科学院高能物理研究所
周济林	教授	南京大学
武向平	院士	中国科学院国家天文台
赵刚	研究员	中国科学院国家天文台
袁为民	研究员	中国科学院国家天文台云南天文台
崔向群	院士	中国科学院国家天文台南京天文光学 技术研究所
廖新浩	研究员	中国科学院上海天文台



总序

路甬祥 陈宜瑜

进入 21 世纪以来，人类面临着日益严峻的能源短缺、气候变化、粮食安全及重大流行性疾病等全球性挑战，知识作为人类不竭的智力资源日益成为世界各国发展的关键要素，科学技术在当前世界性金融危机冲击下的地位和作用更为凸显。正如胡锦涛总书记在纪念中国科学技术协会成立 50 周年大会上所指出的：“科技发展从来没有像今天这样深刻地影响着社会生产生活的方方面面，从来没有像今天这样深刻地影响着人们的思想观念和生活方式，从来没有像今天这样深刻地影响着国家和民族的前途命运。”基础研究是原始创新的源泉，没有基础和前沿领域的原始创新，科技创新就没有根基。因此，近年来世界许多国家纷纷调整发展战略，加强基础研究，推进科技进步与创新，以尽快摆脱危机，并抢占未来发展的制高点。从这个意义上说，研究学科发展战略，关系到我国作为一个发展中大国如何维护好国家的发展权益、赢得发展的主动权，关系到如何更好地持续推动科技进步与创新、实现重点突破与跨越，这是摆在我们面前的十分重要而紧迫的课题。

学科作为知识体系结构分类和分化的重要标志，既在知识创造中发挥着基础性作用，也在知识传承中发挥着主

体性作用，发展科学技术必须保持学科的均衡协调可持续发展，加强学科建设是一项提升自主创新能力、建设创新型国家的带有根本性的基础工程。正是基于这样的认识，也基于中国科学院学部和国家自然科学基金委员会在夯实学科基础、促进科技发展方面的共同责任，我们于2009年4月联合启动了2011~2020年中国学科发展战略研究，选择数、理、化、天、地、生等19个学科领域，分别成立了由院士担任组长的战略研究组，在双方成立的联合领导小组指导下开展相关研究工作。同时成立了以中国科学院学部及相关研究支撑机构为主的总报告起草组。

两年多来，包括196位院士在内的600多位专家（含部分海外专家），始终坚持继承与发展并重、机制与方向并重、宏观与微观并重、问题与成绩并重、国际与国内并重等原则，开展了深入全面的战略研究工作。在战略研究中，我们既强调战略的前瞻性，又尊重学科的历史延续性；既提出优先发展方向，又明确保障其得以实现的制度安排；既分析各学科自身的发展态势，又审视各学科在整个学科体系和科技与经济社会发展中的地位作用；既充分肯定各学科已取得的成绩，又不回避发展中面临的困难和问题；既立足国内的现状与条件，又注重基础研究的国际化趋势。经过两年多的战略研究工作，我们不断明晰学科发展趋势，深入认识学科发展规律，进一步明确“十二五”乃至更长一段时期推动我国学科发展的战略方向和政策举措，取得了一系列丰硕的成果。

战略研究总报告梳理了学科发展的历史脉络，探讨了学科发展的一般规律，研究分析了学科发展总体态势，并从历史和现实的角度剖析了战略性新兴产业与学科发展的关系，为可能发生的新科技革命提前做好学科准备，并对

我国未来 10 年乃至更长时期学科发展和基础研究的持续、协调、健康发展提出了有针对性的政策建议。19 个学科的专题报告均突出了 7 个方面的内容：一是明确学科在国家经济社会和科技发展中的战略地位；二是分析学科的发展规律和研究特点；三是总结近年来学科的研究现状和研究动态；四是提出学科发展布局的指导思想、发展目标和发展策略；五是提出未来 5~10 年学科的优先发展领域以及与其他学科交叉的重点方向；六是提出未来 5~10 年学科在国际合作方面的优先发展领域；七是从队伍建设、条件设施建设、创新环境建设、国际合作平台建设等方面，系统提出学科发展的体制机制保障和政策措施。

为保证此次战略研究的最终成果能够体现我国科学发展的水平，能够为未来 10 年各学科的发展指明方向，能够经得起实践检验、同行检验和历史检验，中国科学院学部和国家自然科学基金委员会多次征询高层次战略科学家的意见和建议。基金委各科学部专家咨询委员会数次对相关学科战略研究的阶段成果和研究报告进行咨询审议；2009 年 11 月和 2010 年 6 月的中国科学院各学部常委会分别组织院士咨询审议了各战略研究组提交的阶段成果和研究报告初稿；其后，中国科学院院士工作局又组织部分院士对研究报告终稿提出审读意见。可以说，这次战略研究集中了我国各学科领域科学家的集体智慧，凝聚了数百位中国科学院院士、中国工程院院士以及海外科学家的战略共识，凝结了参与此项工作的全体同志的心血和汗水。

今年是“十二五”的开局之年，也是《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》实施的第二个五年，更是未来 10 年我国科技发展的关键时期。我们希望本系列战略研究报告的出版，对广大科技工作者触摸和

了解学科前沿、认知和把握学科规律、传承和发展学科文化、促进和激发学科创新有所助益，对促进我国学科的均衡、协调、可持续发展发挥积极的作用。

在本系列战略研究报告即将付梓之际，我们谨向参与研究、咨询、审读和支撑服务的全体同志表示衷心的感谢，同时也感谢科学出版社在编辑出版工作中所付出的辛劳。我们衷心希望有关科学团体和机构继续大力合作，组织广大院士专家持续开展学科发展战略研究，为促进科技事业健康发展、实现科技创新能力整体跨越做出新的更大的贡献。



前言

2009年初,国家自然科学基金委员会与中国科学院学部决定合作开展“2011~2020年中国学科发展战略研究”和国家自然科学基金“十二五”发展规划制定工作。这次战略研究,不仅对于全面提升自然科学基金“十二五”发展规划制定的科学性、战略性和前瞻性具有重要意义,而且也将对我国基础研究的长远发展产生深远的影响。

按照国家自然科学基金委员会和中国科学院学部的规定,这次天文学科战略研究要根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,深入分析天文学科发展的自身需求和国家经济社会发展需求,突出“更加侧重基础、侧重人才”的战略导向,明确未来一个时期促进我国天文学科基础研究均衡协调可持续发展的战略思路和保障措施。在国家自然科学基金委员会和中国科学院学部的领导下,2009年5月14日成立了由10名院士组成的天文学科战略研究组及由15名在一线从事天文研究和教育的中青年学术骨干组成的秘书组,目的是在2010年内完成《2011~2020年中国天文学科发展战略研究报告》和《国家自然科学基金“十二五”发展规划:天文学科发展战略和优先发展领域研究报告》。结合天文学科的实际情况,战略研究组和秘书组共同商定了战略研究报告的基本内容,包括以下7章:天文学科的战略地位;天文学科的发展规律与发展态势;天文学科的发展现状;我国天文学科发展布局;优先发展领域与重大交叉研究领域;国际合作与交流;保障措施。

在一年多的时间里,战略研究组和秘书组按照天文学的不同层次和对象,即星系宇宙学,银河系、恒星与太阳系外行星系统,太

阳物理,行星科学和深空探测,基本天文学(包括天体测量,天体力学和时间频率),以及天文技术方法(射电天文、光学红外和空间天文)等6个方面,进行了详细的调查、分析和战略研究。战略研究组和秘书组先后召开了6次会议,对工作进行了安排,并对稿件进行了详细讨论。在这期间,战略研究组于2009年10月向院士大会做了汇报,听取了院士们的意见和建议,秘书组还通过各有关单位广泛征求了各分支学科研究骨干的意见。2010年4月完成了修改稿,2010年6月又再次向院士大会做了汇报,并由国家自然科学基金委员会和中国科学院学部在更广的范围内征求了各方面的意见。在此基础上,2010年11月战略研究组和秘书组又对修改稿进行了修改和补充,最后形成了《2011~2020年中国天文学科发展战略研究报告》(以下简称《报告》)。

《报告》认为,近年来,我国对天文学经费的投入大幅增加,天文学研究和教育有了长足的发展,逐步形成了从人才培养、仪器设备研制、观测和理论研究到应用服务的较完整的体系,形成了一批在国内外有影响的学术带头人和优秀创新研究群体,研究队伍的年龄结构趋于合理。在仪器研制方面,大视场多目标光纤光谱望远镜(large sky area multi-object fiber spectroscopy telescope, LAMOST)的建成标志着我国天文仪器的研制水平显著提升。在天文学研究方面,我国已经取得一批在国际上有相当显示度的成果,总体水平在发展中国家中位居前列,在国际上也成为一支不可忽视的力量。但是,应该看到,目前我国天文设备、研究和教育的水平同发达国家相比,仍然存在着很大差距。基于这样的认识,《报告》建议到2020年我国天文学的发展目标是:突出重点,建成和运行若干个在国际上有重要影响的大型地面和空间天文观测设备,开展以我为主的重大设备建设并参加部分国际重大观测设备的建设和研究;加强投入,建成若干国家重点实验室和国家实验室;充分挖掘国内已建成设备的潜力,利用国际开放的设备和数据;在重点大学中大力发展天文教育和研究,积极培养优秀人才;加强理论研究,提出创新思想、观点和理论,力争突破,使我国天文学在

设备和研究队伍的整体水平上比肩欧美发达国家，做出国际上有重大影响的工作。

根据上述发展目标，《报告》提出了我国天文学在未来 10 年内 14 个优先发展领域和重要的研究方向。《报告》认为，天文观测设备的发展是未来天文学发展的基础。我们必须充分发挥已建成的 LAMOST 和其他设备的作用；确保高质量地建成已立项的 500 米口径球面射电望远镜（five-hundred-meter aperture spherical radio telescope, FAST）、硬 X 射线调制望远镜（hard X-ray modulation telescope, HXMT）、65 米射电望远镜等一批先进的大型地面和空间观测设备；同时还要积极开展下一步先进大设备的预研，有条件时争取立项和研制。

《报告》强调并指出，天文学研究水平能不能提高，各类天文设备能不能充分发挥作用，最关键的还是人才队伍的建设。因此，必须花大力气培养年轻人才，特别是优秀的“将”才和“帅”才。要大力支持中国科学院和高校的联合，加强天文教育，扶持研究队伍，并继续增加天文教育和研究经费的投入。

《报告》认为，当代天文学的发展，包括重大设备的研制，都离不开广泛的国际合作。我们要大力推进重大设备的国际合作计划，特别是推进以我国为主导的大设备的合作项目；要积极鼓励多种形式的人才交流，广泛吸引、组织海外学子和优秀科学家参与发展我国的天文学科，包括合作研究、联合培养研究生以及举办各类学术讨论会和讲习班等。

应该说，《报告》凝聚了许多院士和专家学者的智慧和努力，不仅对国内外天文学发展现状和态势进行了详细的评述，更重要的是对未来 10 年我国天文学的发展战略和措施提出了一些重要的、有意义的思考和建议。我们希望它能给各级领导和部门在决策时提供一定的参考，能对从事各类天文教育和研究的人员有所启迪，能对研究生和本科生的入门和成长有所帮助。未来 10 年，我国天文学的发展充满着重大的机遇和挑战。如果《报告》能对我国天文学的发展起到一点促进作用，便是我们极大的欣慰。

最后，我们真诚地感谢热心参与工作、提供材料和建议的所有院士和专家学者，感谢国家自然科学基金委员会和中国科学院学部领导的指导和关心。

方 成

天文学学科发展战略研究组组长

2010年11月



摘要

天文学研究宇宙中各种不同尺度的天体，包括太阳和太阳系内各种天体、恒星及其行星系统、星系和星系团，以及整个宇宙的起源、结构和演化。太阳和地球环境密切相关，太阳活动对于地球环境和人类活动有重要甚至决定性的影响。对其他行星的研究和地外生命的探索有助于理解生命的起源和演化，并可能回答人类在宇宙中是否孤独的问题。宇宙和生命的起源和演化是全人类共同关心的重大问题，不但具有重要的科学意义，而且对于人类的世界观也具有深刻的影响。因此天文学的成就是自然科学、人类文化和文明的重要组成部分。先进的天文探测技术、天文仪器发展带来的技术进步，以及天文学的研究成果，广泛应用于导航、定位、航天、深空探测等领域，因此天文学研究对于国家经济建设和国家安全都有重要的作用。

20世纪人类在探索宇宙奥秘的漫长道路上取得了辉煌的成就。从学科发展的全局来看，这些成就突出地表现为以下两方面：①建立了恒星的内部结构与演化和宇宙大爆炸标准模型两大理论框架。这两大理论框架令人信服地描述了作为天体最基本单元的恒星和作为自然界最大物质系统的宇宙的演化，并获得观测上的验证，从而也在宇观尺度上验证了广义相对论。②随着探测能力的进步，在人类永无止境的探索宇宙发展规律的进程中，新发现不断涌现。类星体、脉冲星、星际有机分子、暗物质、黑洞、宇宙伽马暴、引力波、引力透镜、太阳系外行星、暗能量等的发现，有力地刺激并推动了天文学自身及相关学科的发展，使天文学再度成为新现象、新思想和新概念的源泉。

天文学的发展是由观测和理论研究共同推动的。人类不断建造的新的天文仪器全面拓展了人类的视野，使人类能够在全电磁波波

段,包括射电、红外、可见光、紫外、X射线和伽马射线的所有波段,具有更高灵敏度、更高角分辨率、全天巡天和全时域观测的能力。最近几年,中微子和宇宙射线天文学更是打开了观测宇宙的新窗口,引力波望远镜也在建造之中,将使人类能够更加全面地观测宇宙。这些新的天文望远镜和观测仪器所带来的新的观测能力,使天文学家不断发现新类型的天体和新的天文现象。在天文观测的基础上,天文学家利用大规模数值模拟计算、数据分析和理论研究进一步理解发现的天文现象,探索新的天体物理和基本物理规律,而新的理论又向天文观测提出更深层次的观测要求,由此推进新一代观测设备和方法的发展。因此近代天文学的发展主要是由一系列新的天文发现和对这些发现的定量理解组成的。

当前国际上天文观测的发展趋势是:①追求更高的空间、时间和光谱分辨率;②追求更大的集光本领和更大的视场,以进行更深更广的宇宙探测;③实现射电至伽马射线全电磁波段的探测和研究;④开辟电磁波之外中微子和宇宙射线新的观测窗口;⑤大天区时变和运动天体的观测;⑥国际合作研制大型天文设备已成必要;⑦建立资料更完善、使用更方便的数据库,虚拟天文台的建设已提到了日程。

在研究内容方面,当前天文学的主流是天体物理学,研究的重点是天体和天体系统的活动和演化,所面对的基本问题是:①宇宙如何开始?如何演化到目前的状态?宇宙的归宿是什么?②星系如何形成和演化?③恒星如何形成和演化(特别是晚期演化)?④行星和行星系统如何形成和演化?⑤宇宙中地球之外还有无生命?⑥是什么物理过程导致天体的剧烈活动?围绕这些基本问题,未来10年的研究重点集中在:

1) 在星系和宇宙层次上,研究星系中央大质量黑洞的形成、物质吸积、喷流、外流物理过程,研究各类星系和星系集团的空间分布、形态结构、物理性质、化学组成、活动特征和产能机制,研究宇宙中其他物质成分(如暗能量、暗物质、微波背景辐射、星系际介质等)的空间分布和物理本质,并进而研究星系以至整个可观测宇宙的起源和演化历史,探索制约宇宙和星系起源和演化的物理

规律；

2) 在恒星、行星结构层次，以及围绕银河系和本星系群研究的近场宇宙学领域，研究的重点为银河系的结构、子结构及其形成历史，大质量恒星的形成机制，超新星爆发、伽马射线暴以及致密天体，极端贫金属星的搜寻和性质，太阳系外（简称系外）行星系统的搜寻、性质、形成和演化，系外生命存在的可能性和探测；

3) 在太阳物理方面，主要研究日震学和太阳能发电机机制，太阳大气的磁场、结构和动力学，太阳耀斑和日冕物质抛射，以及这些物理过程对日地空间环境的影响；

4) 在行星科学和深空探测方面，主要探测月球、火星、小行星和彗星等太阳系小天体，研究它们的性质、构造、运动过程及其起源和演化，对近地小行星进行危险评估；

5) 在天体测量和天体力学方面，天体测量主要研究微角秒精度多波段参考架的建立和参考架连接，及天体测量精确资料在天文学（如银河系结构和动力学）研究中的应用；天体力学主要研究行星系统〔太阳系小行星带、柯伊伯（kuiper）带天体、太阳系外行星系统等〕的动力学。

改革开放以来，我国天文学研究有了长足的发展，逐步形成了从人才培养、仪器设备研制、观测和理论研究到应用服务的较完整的体系。在国际核心期刊上发表的论文大大增加，国际上有较高显示度和影响的成果显著增加。我国天文学家还担任了国际天文学联合会副主席和专业委员会主席等重要职务。

截至2009年8月，我国有一支由1467名固定职位人员和1309名流动人员（博士后、博士研究生、硕士研究生）组成的天文研究队伍，主要分布在中国科学院国家天文台（包括总部、云南天文台、南京天文光学技术研究所、乌鲁木齐天文站、长春人造卫星观测站）、紫金山天文台、上海天文台、高能物理研究所、国家授时中心，以及南京大学、北京大学、中国科学技术大学、北京师范大学、清华大学等单位。经过多年的科研实践、人才培养和国际合作研究，形成了一批在国内外有影响力的学术带头人和优秀创新研究群体，使我国天文学研究的总体水平在发展中国家中位居前