

学术引领系列



国家科学思想库

中国学科发展战略

天文学

中国科学院



科学出版社

学术引领系列



国家科学思想库

中国学科发展战略

天文学

中国科学院

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

中国学科发展战略·天文学/中国科学院编. —北京: 科学出版社, 2013. 2
(中国学科发展战略)

ISBN 978-7-03-036453-1

I. ①天… II. ①中… III. ①天文学-学科发展-发展战略-中国
IV. ①P1-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 008157 号

丛书策划: 侯俊琳 牛 玲
责任编辑: 郭勇斌 / 责任校对: 宋玲玲
责任印制: 赵德静 / 封面设计: 黄华斌
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

*

2013 年 2 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2013 年 2 月第一次印刷 印张: 19 3/4

字数: 340 000

定价: 89.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

中国学科发展战略

指导组

组 长：白春礼

副组长：李静海 秦大河

成 员：詹文龙 朱道本 陈 颢

陈宜瑜 李 未 顾秉林

工作组

组 长：周德进

副组长：王敬泽 刘春杰

成 员：林宏侠 马新勇 张 恒

申倚敏 薛 淮 张家元

钱莹洁 傅 敏 刘伟伟

中国学科发展战略·天文学

研究组

组 长：方 成

副组长：张家铝

成 员：李惕碚 崔向群 武向平

景益鹏 王建成 甘为群

林宏侠 董国轩

秘书组

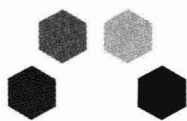
组 长：景益鹏

副组长：赵 刚

成 员：朱永田 卢矩甫 丁明德

张双南 李向东 刘晓为

袁业飞 常 进



总 序

九层之台，起于累土^①

白春礼

近代科学诞生以来，科学的光辉引领和促进了人类文明的进步，在人类不断深化对自然和社会认识的过程中，形成了以学科为重要标志的、丰富的科学知识体系。学科不但是科学知识的基本的单元，同时也是科学活动的基本单元：每一学科都有其特定的问题域、研究方法、学术传统乃至学术共同体，都有其独特的历史发展轨迹；学科内和学科间的思想互动，为科学创新提供了原动力。因此，发展科技，必须研究并把握学科内部运作及其与社会相互作用的机制及规律。

中国科学院学部作为我国自然科学的最高学术机构和国家在科学技术方面的最高咨询机构，历来十分重视研究学科发展战略。2009年4月与国家自然科学基金委员会联合启动了“2011~2020年我国学科发展战略研究”19个专题咨询研究，并组建了总体报告研究组。在此工作基础上，为持续深入开展有关研究，学部于2010年底，在一些特定的领域和方向上重点部署了学科发展战略研究项目，研究成果现以“中国学科发展战略”丛书形式系列出版，供大家交流讨论，希望起到引导之效。

根据学科发展战略研究总体研究工作成果，我们特别注意到学

^① 题注：李耳《老子》第64章：“合抱之木，生于毫末；九层之台，起于累土；千里之行，始于足下。”

科发展的以下几方面的特征和趋势。

一是学科发展已越出单一学科的范围，呈现出集群化发展的态势，呈现出多学科互动共同导致学科分化整合的机制。学科间交叉和融合、重点突破和“整体统一”，成为许多相关学科得以实现集群式发展的重要方式，一些学科边界更加模糊。

二是学科发展体现了一定的周期性，一般要经历源头创新期、创新密集区、完善与扩散期。并在科学革命性突破的基础上螺旋上升式发展，进入新一轮发展周期。根据不同阶段的学科发展特点，实现学科均衡与协调发展成为了学科整体发展的必然要求。

三是学科发展的驱动因素、研究方式和表征方式发生了相应的变化。学科的发展以好奇心牵引下的问题驱动为主，逐渐向社会需求牵引下的问题驱动转变；计算成为了理论、实验之外的第三种研究方式；基于动态模拟和图像显示等信息技术，为各学科纯粹的抽象数学语言提供了更加生动、直观的辅助表征手段。

四是科学方法和工具的突破与学科发展互相促进作用更加显著。技术科学的进步为激发新现象并揭示物质多尺度、极端条件下的本质和规律提供了积极有效手段。同时，学科的进步也为技术科学的发展和催生战略新兴产业奠定了重要基础。

五是文化、制度成为了促进学科发展的重要前提。崇尚科学精神的文化环境、避免过多行政干预和利益博弈的制度建设、追求可持续发展的目标和思想，将不仅极大促进传统学科和当代新兴学科快速发展，而且也为人材成长并进而促进学科创新提供了必要条件。

我国学科体系系由西方移植而来，学科制度的跨文化移植及其在中国文化中的本土化进程，延续已达百年之久，至今仍未结束。

鸦片战争之后，代数学、微积分、三角学、概率论、解析几何、力学、声学、光学、电学、化学、生物学和工程科学等的近代科学知识被介绍到中国，其中有些知识成为一些学堂和书院的教学内容。1904年清政府颁布“癸卯学制”，该学制将科学技术分为格致科（自然科学）、农业科、工艺科和医术科，各科又分为诸多学

科。1905年清朝废除科举，此后中国传统学科体系逐步被来自西方的新学科体系取代。

民国时期现代教育发展较快，科学社团与科研机构纷纷创建，现代学科体系的框架基础成型，一些重要学科实现了制度化。大学引进欧美的通才教育模式，培育各学科的人才。1912年詹天佑发起成立中华工程师会，该会后来与类似团体合为中国工程师学会。1914年留学美国的学者创办中国科学社。1922年中国地质学会成立，此后，生理、地理、气象、天文、植物、动物、物理、化学、机械、水利、统计、航空、药学、医学、农学、数学等学科的学会相继创建。这些学会及其创办的《科学》、《工程》等期刊加速了现代学科体系在中国的构建和本土化。1928年国民政府创建中央研究院，这标志着现代科学技术研究在中国的制度化。中央研究院主要开展数学、天文学与气象学、物理学、化学、地质与地理学、生物科学、人类学与考古学、社会科学、工程科学、农林学、医学等学科的研究，将现代学科在中国的建设提升到了研究层次。

中华人民共和国建立之后，学科建设进入了一个新阶段，逐步形成了比较完整的体系。1949年11月新中国组建了中国科学院，建设以学科为基础的各类研究所。1952年，教育部对全国高等学校进行院系调整，推行苏联式的专业教育模式，学科体系不断细化。1956年，国家制定出《十二年科学技术发展远景规划纲要》，该规划包括57项任务和12个重点项目。规划制定过程中形成的“以任务带学科”的理念主导了以后全国科技发展的模式。1978年召开全国科学大会之后，科学技术事业从国防动力向经济动力的转变，推进了科学技术转化为生产力的进程。

科技规划和“任务带学科”模式都加速了我国科研的尖端研究，有力带动了核技术、航天技术、电子学、半导体、计算技术、自动化等前沿学科建设与新方向的开辟，填补了学科和领域的空白，不断奠定工业化建设与国防建设的科学技术基础。不过，这种模式在某些时期或多或少地弱化了学科的基础建设、前瞻发展与创新活力。比如，发展尖端技术的任务直接带动了计算机技术的兴起

与计算机的研制，但科研力量长期跟着任务走，而对学科建设着力不够，已成为制约我国计算机科学技术发展的“短板”。面对建设创新型国家的历史使命，我国亟待夯实学科基础，为科学技术的持续发展与创新能力的提升而开辟知识源泉。

反思现代科学学科制度在我国移植与本土化的进程，应该看到，20世纪上半叶，由于西方列强和日本入侵，再加上频繁的内战，科学与救亡结下了不解之缘，新中国建立以来，更是长期面临着经济建设和国家安全的紧迫任务。中国科学家、政治家、思想家乃至一般民众均不得不以实用的心态考虑科学及学科发展问题，我国科学体制缺乏应有的学科独立发展空间和学术自主意识。改革开放以来，中国取得了卓越的经济建设成就，今天我们可以也应该静下心来思考“任务”与学科的相互关系，重审学科发展战略。

现代科学不仅表现为其最终成果的科学知识，还包括这些知识背后的科学方法、科学思想和科学精神，以及让科学得以运行的科学体制，科学家的行为规范和科学价值观。相对于我国的传统文化，现代科学是一个“陌生的”、“移植的”东西。尽管西方科学传入我国已有一百多年的历史，但我们更多地还是关注器物层面，强调科学之实用价值，而较少触及科学的文化层面，未能有效而普遍地触及到整个科学文化的移植和本土化问题。中国传统文化以及当今的社会文化仍在深刻地影响着中国科学的灵魂。可以说，迄20世纪结束，我国移植了现代科学及其学科体制，却在很大程度上拒斥与之相关的科学文化及相应制度安排。

科学是一项探索真理的事业，学科发展也有其内在的目标，探求真理的目标。在科技政策制定过程中，以外在的目标替代学科发展的内在目标，或是只看到外在目标而未能看到内在目标，均是不适当的。现代科学制度化进程的含义就在于：探索真理对于人类发展来说是必要的和有至上价值的，因而现代社会和国家须为探索真理的事业和人们提供制度性的支持和保护，须为之提供稳定的经费支持，更须为之提供基本的学术自由。

20世纪以来，科学与国家的目的不可分割地联系在一起，科

学事业的发展不可避免地要接受来自政府的直接或间接的支持、监督或干预，但这并不意味着，从此便不再谈科学自主和自由。事实上，在现当代条件下，在制定国家科技政策时充分考虑“任务”和学科的平衡，不但是最大限度实现学术自由、提升科学创造活力的有效路径，同时也是让科学服务于国家和社会需要的最有效的做法。这里存在着这样一种辩证法：科学技术系统只有在具有高度创造活力的情形下，才能在创新型国家建设过程中发挥最大作用。

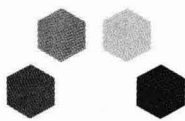
在全社会范围内创造一种允许失败、自由探讨的科研氛围；尊重学科发展的内在规律，让科研人员充分发挥自己的创造潜能；充分尊重科学家的个人自由，不以“任务”作为学科发展的目标，让科学共同体自主地来决定学科的发展方向。这样做的结果往往比事先规划要更加激动人心。比如，19世纪末德国化学学科的发展史就充分说明了这一点。从内部条件上讲，首先是由于洪堡兄弟所创办的新型大学模式，主张教与学的自由、教学与研究相结合，使得自由创新成为德国的主流学术生态。从外部环境来看，德国是一个后发国家，不像英、法等国拥有大量的海外殖民地，只有依赖技术创新弥补资源的稀缺。在强大爱国热情的感召下，德国化学家的创新激情迸发，与市场开发相结合，在染料工业、化学制药工业方面进步神速，十余年间便领先于世界。

中国科学院作为国家科技事业“火车头”，有责任提升我国原始创新能力，有责任解决关系国家全局和长远发展的基础性、前瞻性、战略性重大科技问题，有责任引领中国科学走自主创新之路。中国科学院学部汇聚了我国优秀科学家的代表，更要责无旁贷地承担起引领中国科技进步和创新的重任，系统、深入地对自然科学各学科进行前瞻性战略研究。这一研究工作，旨在系统梳理世界自然科学各学科的发展历程，总结各学科的发展规律和内在逻辑，前瞻各学科中长期发展趋势，从而提炼出学科前沿的重大科学问题，提出学科发展的新概念和新思路。开展学科发展战略研究，也要面向我国现代化建设的长远战略需求，系统分析科技创新对人类社会发展和我国现代化进程的影响，注重新技术、新方法和新手段研究，

提炼出符合中国发展需求的新问题和重大战略方向。开展学科发展战略研究，还要从支撑学科发展的软、硬件环境和建设国家创新体系的整体要求出发，重点关注学科政策、重点领域、人才培养、经费投入、基础平台、管理体制等核心要素，为学科的均衡、持续、健康发展出谋划策。

2010年，在中国科学院各学部常委会的领导下，各学部依托国内高水平科研教育等单位，积极酝酿和组建了以院士为主体、众多专家参与的学科发展战略研究组。经过各研究组的深入调查和广泛研讨，形成了“中国学科发展战略”丛书，纳入“国家科学思想库—学术引领系列”陆续出版。学部诚挚感谢为学科发展战略研究付出心血的院士、专家们！

按照学部“十二五”工作规划部署，学科发展战略研究将持续开展，希望学科发展战略系列研究报告持续关注前沿，不断推陈出新，引导广大科学家与中国科学院学部一起，把握世界科学发展动态，夯实中国科学发展的基础，共同推动中国科学早日实现创新跨越！



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年我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国家自然科学基金“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。

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名在第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。经过两年多的工作，在广泛调研和征求天文界院士、各有关单位和广大第一线工作的教学科研人员意见的基础上，2011年底完成了“2011~2020年中国天文学科发展战略研究报告”。此报告的主体部分由国家自然科学基金委员会和中国科学院委托科学出版社于2012年3月出版，即《未来10年中国学科发展战略·天文学》。该书包括7章：战略地位；发展规律与发展态势；发展现状；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。

“2011~2020年中国天文学科发展战略研究报告”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。郭守敬望远镜 [大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜 (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。我国天文学研究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茅, 在国际上也成为一支不可忽视的力量。但是, 也应该看到, 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, 报告提出了未来 10 年我国天文学的发展目标, 并提出了 14 个优先发展领域和重要的研究方向。报告强调指出, 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, 大力支持科学院和高校的联合, 加强天文教育, 并继续增加天文教育和研究经费的投入。报告认为, 我们必须大力推进国际合作, 积极鼓励多种形式的人才交流, 广泛吸引和组织海外学子和优秀科学家参与发展我国的天文学科等。

在准备这个报告时, 许多专家参与撰写了我国天文学各分支学科战略研究的专题报告。但是, 由于篇幅的限制, 在《未来 10 年中国学科发展战略·天文学》一书中未能将它们包括进来。考虑到这些专题报告对国际、国内天文学各领域发展现状和态势的介绍更为详尽, 对我国天文学各分支学科未来发展战略的分析更清晰, 对国内教学科研人员特别是青年学生会有很大的帮助和参考意义, 我们决定请原撰写人根据近年的最新进展作了修改和补充, 交由科学出版社出版。为了保证全面、完整起见, 我们对《未来 10 年中国学科发展战略·天文学》一书中的摘要部分略作修改, 一并刊出。

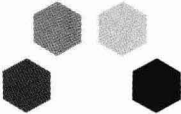
本书按天文学的研究领域和研究内容分为六章。第一章星系与宇宙学, 由景益鹏、袁为民执笔。第二章银河系、恒星与太阳系外行星系统, 由杨戟、刘晓为、赵刚、李向东执笔。第三章太阳物理学, 由丁明德、汪景琇执笔。第四章行星科学与深空探测, 由廖新浩执笔。第五章基本天文学, 由陈力、周济林、李孝辉执笔。第六章天文技术方法, 包括光学与红外, 由崔向群、朱永田、王亚男执笔; 射电天文学, 由杨戟、单文磊执笔; 空间天文, 由张双南、甘为群、颜毅华、卢方军执笔。此外, 有几十位专家为撰写上述各章提供了很好的素材和协助。在此一并表示诚挚的感谢。

我们希望它能给各级领导和部门在决策时有所参考，能对从事天文教育和研究的人员有所启迪，能对研究生和大学生的入门和成长有所帮助。

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，感谢中国科学院学部和国家自然科学基金委员会领导的指导和关心。

中国科学院学部天体物理学科发展战略研究组

2012年12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，乃至整个宇宙的起源、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着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：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，在人类永无止境地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 γ 射线暴、引力波、引力透镜、太阳系外（简称系外）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。天文学的这两方面的成就是相互补充

的——理论框架的建立，不是认识的终结，相反，它为更深刻地理解新发现确立了新的高度；而新发现又反过来丰富、发展现有理论框架乃至催生新的理论体系。

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段，包括射电、红外、可见光、紫外、X射线和 γ 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所发现的天文现象，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推动的。

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 γ 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上日程。

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，所要面对的基本问题是：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、 γ 射线暴以及致密天体，极端贫金属星的搜寻和性质，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、柯伊伯带天体、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。在国际核心学术杂志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、博士生、硕士生）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、新疆天文台、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、国家授时中心和南京大学、北京大学、中国科学技术大学、北京师范大学、清华大学、厦