

学术引领系列



国家科学思想库



中国学科发展战略

板块构造与大陆动力学

国家自然科学基金委员会
中国科学院

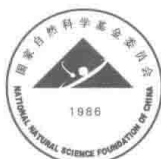


科学出版社

学术引领系列



国家科学思想库



中国学科发展战略

板块构造与大陆动力学

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

板块构造与大陆动力学/国家自然科学基金委员会,中国科学院编.—北京:科学出版社,2017.3

(中国学科发展战略)

ISBN 978-7-03-052190-3

I. ①板… II. ①国… ②中… III. ①大地板块构造-学科发展-发展战略-中国 ②地球动力学-学科发展-发展战略-中国 IV. ①P542.4 ②P541

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第054771号

丛书策划:侯俊琳 牛 玲

责任编辑:侯俊琳 杨婵娟 吴春花/责任校对:刘亚琦

责任印制:张 倩/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

*

2017年3月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2017年3月第一次印刷 印张:28 1/2

字数:478 000

定价:178.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



中国学科发展战略

联合领导小组

组 长：陈宜瑜 李静海

副组长：秦大河 姚建年

成 员：王恩哥 朱道本 傅伯杰 李树深 杨 卫
武维华 曹效业 李 婷 王敬泽 高瑞平
王常锐 韩 宇 郑永和 孟庆国 陈拥军
杜生明 柴育成 黎 明 秦玉文 李一军
董尔丹

联合工作组

组 长：李 婷 郑永和

成 员：龚 旭 孟庆峰 吴善超 李铭禄 董 超
孙 粒 王敬泽 王振宇 钱莹洁 薛 淮
冯 霞 赵剑峰

项目组

项目负责人：张国伟 杨文采

项目专家组：张国伟 杨文采 陈旭 戎嘉余

翟明国 柴育成 姚玉鹏 刘羽

张进江 申倚敏 薛淮

项目学科分组负责专家

大地构造学科组：张国伟 万天丰 张进江

大地构造物理学科组：杨文采 王椿镛

岩石地球化学学科组：翟明国 邓晋福

古生物与地层学学科组：陈旭 戎嘉余

海洋地质学科组：李三忠 廖永岩

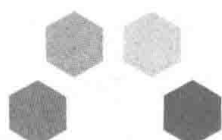
主报告研讨与写作组

组 长：张国伟 张进江
成 员：（以姓氏拼音为序）：

陈 旭	董云鹏	何登发	侯增谦	黄宝春
冷 伟	李三忠	李献华	刘 静	刘俊来
刘少峰	刘树根	刘永江	刘 羽	孟庆任
戎嘉余	舒良树	王椿镛	王 涛	王岳军
吴福元	吴庆举	肖文交	徐锡伟	姚玉鹏
张国伟	张宏福	张进江	张培震	张中杰
赵国春	周建波	朱 光		

分报告撰写组

成 员：杨文采 王椿镛 翟明国 陈 旭 戎嘉余
李三忠 廖永岩



总 序

白春礼 杨 卫

17 世纪的科学革命使科学从普适的自然哲学走向分科深入，如今已发展成为一幅由众多彼此独立又相互关联的学科汇就的壮丽画卷。在人类不断深化对自然认识的过程中，学科不仅仅是现代社会中科学知识的组成单元，同时也逐渐成为人类认知活动的组织分工，决定了知识生产的社会形态特征，推动和促进了科学技术和各种学术形态的蓬勃发展。从历史上看，学科的发展体现了知识生产及其传播、传承的过程，学科之间的相互交叉、融合与分化成为科学发展的重要特征。只有了解各学科演变的基本规律，完善学科布局，促进学科协调发展，才能推进科学的整体发展，形成促进前沿科学突破的科研布局和创新环境。

我国引入近代科学后几经曲折，及至上世纪初开始逐步同西方科学接轨，建立了以学科教育与学科科研互为支撑的学科体系。新中国建立后，逐步形成完整的学科体系，为国家科学技术进步和经济社会发展提供了大量优秀人才，部分学科已进入世界前列，有的学科取得了令世界瞩目的突出成就。当前，我国正处在从科学大国向科学强国转变的关键时期，经济发展新常态下要求科学技术为国家经济增长提供更强劲的动力，创新成为引领我国经济发展的新引擎。与此同时，改革开放 30 多年来，特别是 21 世纪以来，我国迅猛发展的科学事业蓄积了巨大的内能，不仅重大创新成果源源不断产生，而且一些学科正在孕育新的生长点，有可能引领世界学科发展的新方向。因此，开展学科发展战略研究是提高我国自主创新能力、实现我国科学由“跟跑者”向“并行者”和“领跑者”转变的一项基

础工程，对于更好把握世界科技创新发展趋势、发挥科技创新在全面创新中的引领作用，具有重要的现实意义。

学科发展战略研究的核心是结合科学技术和经济社会的发展需求，在分析科学前沿发展趋势的基础上，寻找新的学科生长点和方向。在这个过程中，战略科学家的前瞻引领作用十分重要。科学史上这样的例子比比皆是。在1900年8月巴黎国际数学家代表大会上，德国数学家戴维·希尔伯特发表了题为“数学问题”的著名讲演，他根据过去特别是19世纪数学研究的成果和发展趋势，提出了23个最重要的数学问题，即“希尔伯特问题”。这些“问题”后来成为许多数学家力图攻克的难关，对现代数学的研究和发展产生了深刻的影响。1959年12月，美国物理学家、诺贝尔奖得主理查德·费曼在加利福尼亚理工学院举行的美国物理学会年会上发表了题为《物质底层大有空间——一张进入物理新领域的请柬》的经典讲话，对后来出现的纳米技术作出了天才的预见。

学科生长点并不完全等同于科学前沿，其产生和形成不仅取决于科学前沿的成果，还决定于社会生产和科学发展的需要。1841年，佩利戈特用钾还原四氯化铀，成功地获得了金属铀，可在很长一段时间并未能发展成为学科生长点。直到1939年，哈恩和斯特拉斯曼发现了铀的核裂变现象后，人们认识到它有可能成为巨大的能源，这才形成了以铀为主要对象的核燃料科学的学科生长点。而基本粒子物理学作为一门理论性很强的学科，它的新生长点之所以能不断形成，不仅在于它有揭示物质的深层结构秘密的作用，而且在于其成果有助于认识宇宙的起源和演化。上述事实说明，科学在从理论到应用又从应用到理论的转化过程中，会有新的学科生长点不断地产生和形成。

不同学科交叉集成，特别是理论研究与实验科学相结合，往往也是新的学科生长点的重要来源。新的实验方法和实验手段，大科学装置的建立，如离子加速器、中子反应堆、核磁共振仪等技术方法，都促进了相对独立的新学科的形成。自20世纪80年代以来，具有费曼1959年所预见的性能、微观表征和操纵技术的仪器——扫描隧

道显微镜和原子力显微镜终于相继问世，为纳米结构的测量和操纵提供了“眼睛”和“手指”，使得人类能更进一步认识纳米世界，极大地推动了纳米技术的发展。

作为国家科学思想库，中国科学院（以下简称中科院）学部的基本职责和优势是为国家科学选择和优化布局重大科学技术发展方向提供科学依据、发挥学术引领作用，国家自然科学基金委员会（以下简称基金委）则承担着协调学科发展、夯实学科基础、促进学科交叉、加强学科建设的重大责任。继基金委和中科院于2012年成功地联合发布“未来10年中国学科发展战略研究”报告之后，双方签署了共同开展学科发展战略研究的长期合作协议，通过联合开展学科发展战略研究的长效机制，共建共享国家科学思想库的研究咨询能力，切实担当起服务国家科学领域决策咨询的核心作用。

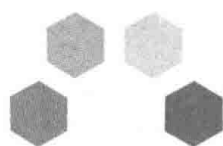
基金委和中科院共同组织的学科发展战略研究既分析相关学科领域的发展趋势与应用前景，又提出与学科发展相关的人才队伍布局、环境条件建设、资助机制创新等方面的政策建议，还针对某一类学科发展所面临的共性政策问题，开展专题学科战略与政策研究。自2012年开始，平均每年部署10项左右学科发展战略研究项目，其中既有传统学科中的新生长点或交叉学科，如物理学中的软凝聚态物理、化学中的能源化学、生物学中生命组学等，也有面向具有重大应用背景的新兴战略研究领域，如再生医学、冰冻圈科学、高功率高光束质量半导体激光发展战略研究等，还有以具体学科为例开展的关于依托重大科学设施与平台发展的学科政策研究。

学科发展战略研究工作沿袭了由中科院院士牵头的方式，并凝聚相关领域专家学者共同开展研究。他们秉承“知行合一”的理念，将深刻的洞察力和严谨的工作作风结合起来，潜心研究，求真唯实，“知之真切笃实处即是行，行之明觉精察处即是知”。他们精益求精，“止于至善”，“皆当至于至善之地而不迁”，力求尽善尽美，以获取最大的集体智慧。他们在中国基础研究从与发达国家“总量并行”到“贡献并行”再到“源头并行”的升级发展过程中，脚踏实地，拾级而上，纵观全局，极目迥望。他们站在巨人肩上，立于科学前

沿，为中国乃至世界的学科发展指出可能的生长点和新方向。

各学科发展战略研究组从学科的科学意义与战略价值、发展规律和研究特点、发展现状与发展态势、未来 5 ~ 10 年学科发展的关键科学问题、发展思路、发展目标和重要研究方向、学科发展的有效资助机制与政策建议等方面进行分析阐述。既强调学科生长点的科学意义，也考虑其重要的社会价值；既着眼于学科生长点的前沿性，也兼顾其可能利用的资源条件；既立足于国内的现状，又注重基础研究的国际化趋势；既肯定已取得的成绩，又不回避发展中面临的困难和问题。主要研究成果以“国家自然科学基金委员会—中国科学院学科发展战略”丛书的形式，纳入“国家科学思想库—学术引领系列”陆续出版。

基金委和中科院在学科发展战略研究方面的合作是一项长期的任务。在报告付梓之际，我们衷心地感谢为学科发展战略研究付出心血的院士、专家，还要感谢在咨询、审读和支撑方面做出贡献的同志，也要感谢科学出版社在编辑出版工作中付出的辛勤劳动，更要感谢基金委和中科院学科发展战略研究联合工作组各位成员的辛勤工作。我们诚挚希望更多的院士、专家能够加入到学科发展战略研究的行列中来，搭建我国科技规划和科技政策咨询平台，为推动促进我国学科均衡、协调、可持续发展发挥更大的积极作用。



前言

板块构造与大陆动力学发展战略研究隶属国家自然科学基金项目的软课题研究专题，是中国科学院与国家自然科学基金委员会联合组织的“中国学科发展战略研究”项目内的地球科学中的研究内容之一，专题名为“板块构造与大陆动力学学科发展战略”。板块构造与大陆动力学属于跨学科研究，与构造地质学科中的大地构造学关系最为紧密。构造地质学科是地质科学中最主要的基础理论学科之一，大地构造是其中高度综合性的顶层基础理论学科和主要研究方向，也是地球科学中具有广泛影响的指引性地学基础理论学科。深化发展板块构造，探索大陆构造与大陆动力学的关键科学问题已成为当代地球科学发展的突出重大前沿研究领域。因此，开展“板块构造与大陆动力学”学科发展战略咨询研讨，并将其纳入国家科学发展的战略研究规划中是非常必要和重要的。项目于2013年1月立项，历时两年半，于2015年6月结题。本书即是该研究的最终成果。

本研究依据立项目标要求，通过多学科的交叉研讨和多类型的广泛调查，系统分析并总结板块构造理论进入中国40多年来的研究进展；通过对中国及邻区板块的组成、结构、运动、演化及其成矿成藏、环境、灾害等问题的调研，分析在哪些方面取得了共识，还存在哪些主要关键问题，哪些是当代国际地学的最新发展动态。其目的是根据国家发展的重大需求，通过发展战略研讨，为学科战略发展和创新提出具体建议，对青年地学人才培养进行指引。为此，本项目设立了5个与本学科发展紧密相关的分支学科研究

组,即大地构造学科组、大地构造物理学科组、岩石地球化学学科组、古生物与地层学学科组、海洋地质学科组。该项目主要有两项任务:①系统总结固体地球科学各分支学科在中国及邻区板块的组成、结构、运动演化等方面取得的重大基础理论研究成果、共识、存在的关键科学问题;②根据当代地球科学的发展和需求,通过概括与总结,提出学科发展的战略咨询建议,最终提交战略研究报告。各咨询组目标一致,分工明确,交流合作,深入研讨,积极开展了本学科发展战略的研究工作。在近三年的研究工作中,本项目组邀请国内本学科和相关学科中既有学术建树,又有战略思考的学者参加本项目研究,并联合5个分支学科专家组对本项目进行研讨。通过多学科和多类型的集中研讨,项目组基本统一了对当前国内外研究现状的认识,凝聚出了若干重大科学问题和主攻方向。在此基础上,组建了以中青年专家为骨干的核心研讨与报告写作组,圆满完成了学科发展战略调查研究任务,提交了学科发展战略主研究报告,各分支学科组提交了分研究报告。

在项目运行的2013年1月~2015年6月,项目组先后组织召开了构造地质学、大地构造学,以及分支学科的综合研讨会和专题研讨会12次,多学科学术交流研讨会3次,野外现场调研讨论会两次,参会的各方面专家共236人(包括参与本项目战略研究、执笔分支学科研究报告和学科发展战略研究报告的学者)。

通过研究和讨论,本项目取得了三项重要成果:①总结了本学科近期取得的重大学术成果与突出贡献;②找出了存在的问题,分析了我国与发达国家存在科研差距的原因;③提出了学科发展战略咨询建议,完成了研究战略发展报告。

我国地学界,特别是固体地球学界,包括地质、地球化学、地球物理学等学科,在已有的学科发展与研究基础上,自20世纪70年代中期开始到八九十年代,处于从引进到学习和应用板块构造理论阶段;而从90年代中晚期以来,开始从我国地质的实际出发,进行自主探索研究板块构造,取得了大量的创新成果,属于发展板块构造理论阶段。通过深入研究,学界逐渐认识到中国大陆在全球

构造中的地位,以及中国大陆与其他大陆的共性与区域独特性;不但探求了我国大陆地质与大陆构造复杂问题的解决方法,而且探究了我国地质演化的普适性及成岩成矿规律和大陆的演化,为发展我国社会经济和当代地学理论做出了巨大贡献。

本项目通过对我国地质学研究现状的分析与总结,通过与先进国家的对比,找出了存在的问题,尤其是在国家需求与国际地学理论进展的贡献上,我国和先进国家之间的差距较大。通过分析本学科发展的学术水平、人才队伍状况及其在世界科学界所起的作用与影响,项目组凝练出了我国构造地质学科战略发展的主要学科方向和优先领域的关键问题。鉴于国家发展的迫切重大需求和当代地球系统科学的发展,深化板块构造理论、创建新的地球构造观已成为新时代地学工作者的神圣使命,如何充分利用我国得天独厚的地域优势和特有的社会与地域资源,参与国际地学发展与竞争,是摆在我们面前的一项重大而紧迫的任务。因此,我国构造地质学科与大地构造学科的发展战略目标就是不失时机地深入研究板块构造,开展原创性科学研究,深化发展板块构造理论,创建大陆构造与大陆动力学理论体系,建立洋-陆统一的行星地球构造观与新理论。

本项目认为,我国构造地质与大地构造学科战略发展,必须面向全球与宇宙,立足中国大陆与邻海,走向世界,深化发展板块构造理论。当前,运用多学科综合集成方法,重点深入开展大陆地质、大陆构造的形成与演化及其动力学过程的研究和探索,是发展板块构造理论、出原创性成果与创新型人才的重要切入点与突破口和主要途径。应以我国大陆研究基地为核心,充分发挥地域优势,总结中国大陆与全球构造的相同点和特异性,提炼和把握中国大陆与海域构造的关键科学问题,开展多学科交叉与跨学科联合的综合研究。需要做到既有坚实、系统的精深研究,又有高层次的综合概括,以求有新发现、有新认识,在理论高度上取得原始创新与突破,满足国家重大需求,参与国际地学发展与竞争,为当代地球科学新的地球构造观及新理论的创建做出应有的贡献。

本项目提出“板块构造与大陆动力学”的学科战略发展主要方

向：前板块构造与板块起源、大陆的生长与再造、构造与环境协同演化、地球动力系统与重建。

学科发展面临的主要科学难题是：大陆与板块起源、板块构造的驱动力、板块与大陆问题、构建大陆动力学理论体系。

学科战略发展的优先研究领域、关键科学问题、人才培养与资助政策建议等方面的内容，详见本书第四至第八章。

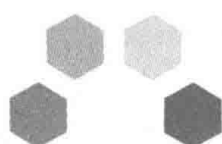
本项目提交主研究报告一份：“板块构造与大陆动力学发展战略报告”，是以多学科结合研究为基础，以“板块构造与大陆动力学”的大地构造学科发展战略为主线的项目主体综合研究报告。同时，提交分研究报告四份：“大地构造物理学学科战略研究报告”“岩石学地球化学与大地构造学研究报告”“地层学和古生物学与大地构造学研究报告”“海洋地质领域的发展战略研究报告”。四份分报告是与大地构造学科发展战略密切相关，并分别为其基础的各分支学科关于“板块构造与大陆动力学”学科发展战略的研究报告。主研究报告和分研究报告目标统一而内容各有侧重，完整地构成本学科发展战略报告。

本书由上述项目的主研究报告和分研究报告组成，分为两篇，第一篇为主研究报告，分八章，第二篇为分研究报告，分四章。本书由以张国伟、杨文采为负责人的学科发展战略研究组集体完成。前言由张国伟撰写；第一篇主研究报告由以张国伟、张进江为组长的研讨写作组完成。摘要先是由每一科学挑战问题的作者提供约500字的概述，后由张进江统稿写成，英文摘要由张宏福翻译写成；第一章和第二章由张国伟撰写；第三章由张进江撰写；第四章序由赵国春撰写，第一节、第二节由赵国春和周建波撰写；第五章序由吴福元撰写，第一节由张宏福和肖文交撰写，第二节由李献华和朱光撰写，第三节由王涛撰写，第四节由董云鹏和张国伟撰写，第五节由刘俊来和刘永江撰写，第六节由何登发撰写，第七节由李三忠撰写，第八节由王岳军和黄宝春撰写，第九节的大陆构造与成矿作用部分由侯增谦撰写，大陆构造与成藏作用部分由刘树根、何登发、李智武和邓宾撰写，第十节由吴福元撰写；第六章序由张进江

撰写，第一节由陈旭、戎嘉余和舒良树撰写，第二节由刘静撰写，第三节由徐锡伟撰写；第七章序由刘少锋撰写，第一节由黄宝春撰写，第二节由王椿镛和吴庆举撰写，第三节由刘少峰撰写，第四节由冷伟撰写；第八章由张进江、姚玉鹏、王涛、李三忠、刘少峰、刘永江、舒良树、刘俊来和刘树根撰写。第二篇各章节分别由项目各分支学科研究组专家组组长杨文采、翟明国、陈旭、戎嘉余、李三忠和廖永岩负责完成。第九章由杨文采和王椿镛撰写；第十章由翟明国撰写；第十一章由陈旭和戎嘉余撰写；第十二章由李三忠和廖永岩撰写。第一篇主研究报告先由张进江通编审校，张国伟、杨文采和写作组各位通审修改，后由朱光、舒良树、刘树根通稿审校，最后由张国伟、张进江审校定稿。本书最终由张国伟、姚安平统编统一审校，并经中国科学院学部工作局薛淮审校，提交科学出版社出版。

翟明国 杨文采

2016年6月



摘要

20 世纪 60 年代形成的板块构造理论给地球科学带来了根本性革命,半个多世纪以来,该理论成功解释了地球的圈层结构、全球构造格局,特别是大洋板块的演化过程,以及相关的俯冲、造山、岩浆活动与地壳变动等。另外,板块构造理论还成功地阐释了板块边缘地震、火山等自然灾害的形成过程与机制,也给自然资源勘查带来了新突破。板块构造理论的成功,极大地促进了地球科学的发展,从而成为地球科学,特别是固体地球科学领域的指导性学术思想,并与相对论、量子力学和分子生物学并称为 20 世纪自然科学的四大革命性突破。

虽然已获成功,板块构造理论自身依然存在不足和理论发展的挑战。其面临的挑战可归结为以下三大难题:板块起源、板块动力、板块上陆。大陆对人类至关重要,其内部构造又是板块构造理论最难解之谜,因而兴起了大陆动力学,但经近 30 年的探索,至今尚未形成系统理论。所以,大陆动力学将是发展和完善板块构造理论的关键,依然是国际地球科学界的优先发展方向。中国境内丰富多样的大陆构造,为创建与发展大陆动力学理论、完善板块构造理论提供了理想的研究条件;30 多年的快速发展及巨大的科研投入,中国地球科学已经在科学数据、科研成果和人才培养等方面形成了明显的优势,具备了向国际前沿冲击、占领学术高地的能力。国家的发展、学科领域发展的需求和中国自然与科学的基础,使中国地球科学家面临一个重大机遇,有望在不久的将来,在某些重要领域取得国际领先地位,发现和创造出新的理论体系,为发展与完