

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

## 数 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

## 数 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·数学/国家自然科学基金委员会,  
中国科学院编. —北京: 科学出版社, 2011  
(未来 10 年中国学科发展战略)  
ISBN 978-7-03-032310-1

I. ①未… II. ①国… ②中… III. ①数学-学科发展-发展战略-  
中国-2011~2020 IV. ①01-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 183236 号

---

丛书策划: 胡升华 侯俊琳

责任编辑: 张 凡 李 葵 王昌凤 / 责任校对: 朱光兰

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 1 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012 年 1 月第一次印刷 印张: 8 3/4

字数: 121 000

**定价: 35.00 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 | 李大潜 | 院 士 | 复旦大学数学科学学院      |
| 副组长 | 龙以明 | 院 士 | 南开大学陈省身数学研究所    |
|     | 郭 雷 | 院 士 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
| 成 员 | 姜伯驹 | 院 士 | 北京大学数学科学学院      |
|     | 文 兰 | 院 士 | 北京大学数学科学学院      |
|     | 杨 乐 | 院 士 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
|     | 石钟慈 | 院 士 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
|     | 马志明 | 院 士 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
|     | 郭柏灵 | 院 士 | 北京应用物理与计算数学研究所  |
|     | 洪家兴 | 院 士 | 复旦大学数学科学学院      |
|     | 彭实戈 | 院 士 | 山东大学数学学院        |
|     | 冯克勤 | 教 授 | 清华大学数学科学系       |

## 秘 书 组

|     |     |     |                  |
|-----|-----|-----|------------------|
| 组 长 | 周 青 | 教 授 | 华东师范大学数学系        |
| 副组长 | 王跃飞 | 研究员 | 中国科学院数学与系统科学研究院  |
|     | 张文岭 | 研究员 | 国家自然科学基金委员会数理科学部 |
|     | 黄文艳 | 副处长 | 中国科学院院士工作局       |
| 成 员 | 张继平 | 教 授 | 北京大学数学科学学院       |
|     | 刘建亚 | 教 授 | 山东大学数学学院         |
|     | 朱熹平 | 教 授 | 中山大学数学与计算科学学院    |
|     | 徐宗本 | 教 授 | 西安交通大学理学院        |
|     | 张伟年 | 教 授 | 四川大学数学学院         |
|     | 辛周平 | 教 授 | 香港中文大学数学科学研究所    |
|     | 周 坚 | 教 授 | 清华大学数学科学系        |
|     | 陈永川 | 教 授 | 南开大学组合数学研究中心     |
|     | 巩馥洲 | 研究员 | 中国科学院数学与系统科学研究院  |

|     |     |                  |
|-----|-----|------------------|
| 郭建华 | 教 授 | 东北师范大学数学与统计学院    |
| 江 松 | 研究员 | 北京应用物理与计算数学研究所   |
| 袁亚湘 | 研究员 | 中国科学院数学与系统科学研究院  |
| 雷天刚 | 研究员 | 国家自然科学基金委员会数理科学部 |
| 何 成 | 研究员 | 国家自然科学基金委员会数理科学部 |

## 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；七是从人才队伍建设、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

---

根据国家自然科学基金委员会和中国科学院制订的合作开展“2011~2020 年我国数学学科发展战略研究”的方案，数学学科作为开展战略研究工作的学科之一，于 2009 年 4 月成立了由 12 人组成的数学学科发展战略研究组和由 18 人组成的秘书组，负责组织实施数学学科的发展战略研究工作。

为了做好这一工作，数学学科发展战略研究组与秘书组以《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》为依据，参考中国基础学科发展报告及数学学科发展调研报告等已有的资料及国内外有关材料，对数学学科发展的特点及战略地位、数学学科的发展规律与趋势，以及中国数学发展的历史与现状等问题进行了认真的分析、深入的思考和充分的讨论，并为未来一段时期内如何促进我国数学学科持续、快速、协调发展，明确了战略思路和保障措施，就中国数学的学科发展布局、优先发展领域与重大交叉研究领域、人才培养、国际合作与交流等方面提出了建设性的意见和建议。

在完成本书的过程中，数学学科发展战略研究组和秘书组曾先后数次开会认真分析与讨论一些有关全局的重要提法与问题，有时对其中一些主要内容甚至逐段逐句地反复进行推敲。秘书组的同志们为此更是不辞辛劳，征求了多方面的意见，并发动了很多同志参与起草有关的段落。此外，在中国科学院院士工作局的安排下，我们还专门召开了两次数理学部院士的讨论会，以便比较充分地听取其他学科专家的意见。所有这些，都充分说明本书是我国数学界集体智慧的结晶，是集思广益、群策群力的成果。我们要对所有为本书的最终完成做出贡献的专家和同志们，表示深切的感谢和崇高的

敬意。

要描绘中国数学学科哪怕只是未来 10 年的发展蓝图，也不是一项轻而易举的任务，限于时间和水平，不足之处，敬请专家和读者不吝指正。

**李大潜**

数学学科发展战略研究组组长

2010 年 12 月 26 日于上海



## 摘要

### 一、数学学科的研究特点与战略地位

数学是研究现实世界中的数量关系和空间形式的科学。作为一个庞大的科学体系，数学包含基础数学、应用数学以及这两者与其他学科的交叉部分。数学是一切自然科学的基础，为其他科学提供语言、观念和方法；数学还是一切重大技术发展的基础。数学也是一种文化，数学教育在人才的培养上有着不可替代的作用。

回顾科学的发展历史，我们不难发现，几乎所有的重大发现无不与数学的发展和进步相关，这使数学成为人类科学思维的一种表达形式。即使是在传统上更多注重经验而非抽象的理论或概念的生命科学领域，从 20 世纪末开始的基因组测序的成功也与数学关系非常密切，测序技术与算法的进步是交替进行的。由于测序技术的飞速发展，人们积累了大量的生物学数据。如何管理这些数据、如何理解这些数据，成为一个新的挑战。随着后基因组时代的到来，生物学研究者的定量研究能力和知识，已不再是可有可无的了。研究细胞周期的诺贝尔生理学或医学奖获得者纳斯在一篇综述文章中写道：“我们或许需要进入一个陌生的、更抽象的世界，它不同于我们现在所想象的由细胞运动组成的世界，在那里利用数学可以很快地进行分析。”

关于数学是自然界的语言，诺贝尔物理学奖获得者费曼也说过：“对于那些不了解数学的人来讲，要理解自然的美，那种深刻的美，是非常困难的……如果你希望理解自然，欣赏自然，那就必须理解它所说的语言。”时至今日，自然科学的各研究领域都进入

了更深的层次和更广的范畴，更需要利用数学的理论与方法对它进行阐述，数学与现代自然科学研究的关系变得更为密切。

然而，数学同那些以具体的物质为研究对象、以实验为主要研究手段的自然科学的基础学科不同，它是一门集严密性、逻辑性、精确性、创造力与想象力于一体的学科。数学一开始来自于对现实世界的抽象，这种抽象的结果直接导致了现代科学的定量研究。随着人们越来越多地将注意力集中在这些抽象对象之上，数学与现实世界的距离似乎也越来越远，大部分的数学定理是由假设演绎的。但有意思的是，产生于一个领域的数学常常可以在其他领域中找到应用范例，充分显示了数学的高度概括性。

数学的作用不仅仅表现在自然科学中，也表现在其他技术领域和经济金融领域。电子计算机的发明及当今计算技术的发展都以数学为其理论基础，在整个信息革命中，数学处于十分重要的地位。随着电子计算机技术的发展，信息技术被广泛应用于我们社会生活的方方面面。从计算机断层扫描诊断到飞行器的模拟设计，从因特网的搜索技术到指纹或签字的识别，从印刷排版的自动化到信息安全技术，这些形形色色的新技术中无不凝聚着数学研究的成果。

数学在经济和金融研究中的地位也不容忽视。通过对数学模型的构建，需要研究问题的本质被清晰地抽象出来，研究变得不再是一种随意的探索，经济学家也可以和自然科学家一样，通过“假设驱动”来研究经济问题。事实上，各种现代经济理论都以数学作为基本工具，力图以数学理论来描述宏观经济或微观经济的发展规律。诺贝尔经济学奖获得者中不少是数学家或是有数学研究背景的经济学家。

数学也是一种文化，在人类文明的进程中起着重要的推动作用，为人类认识世界、改造世界做出了重要贡献。在数学的理论与方法的发展过程中，它的美学价值也具有重要的意义。许多优秀数学家能够充分理解数学的这种美学价值，并坚信优美的数学总是有用的。另外，作为人类知识的一个重要组成部分，“数学的思考方式有着根本的重要性”，数学教育在教育中一直占有特殊地位，对提高人的素质有重大影响，在提高人的逻辑推理能力、分析判别

能力、想象力和创造力上的作用是其他学科所不能替代的。

综上所述，数学在自然科学研究、高技术、经济金融等领域的研究中都占有重要地位并具有深远影响。正因为如此，发达国家常常将保持在数学研究方面的领先地位作为它们的战略需要。中国未来 10 年科技发展的总体目标是：基础科学和前沿技术研究综合实力要显著增强，并要取得一批在世界具有重大影响的科学技术成果；同时，科技促进经济社会发展和保障国家安全的能力要显著增强，使科技发展成为经济社会发展的有力支撑。在这样的形势下，发展数学无疑是保持我国科技可持续发展的重要战略需求，具有重大的现实意义。

## 二、数学发展的趋势与战略目标

过去的半个世纪是数学发展的黄金时代，其发展速度超越了历史上任何时期，许多重大问题得到解决或取得了突破性的进展，成就卓著。数学发展的动力既来自于内部，即解决自身发展中的问题；也来自于外部，即研究现实世界提出的问题。当今数学发展的主要趋势是：数学各分支的融汇，数学与其他科学更加自觉的交叉以及数学与高技术的深入结合。

近年来，数学的发展表现出一种明显的倾向，那就是各分支学科之间相互交叉和相互渗透融合，在研究的问题上是如此，在研究方法上也是如此。很多重大突破都集中反映了这种交叉发展的趋势。原有的分支学科之间的界限淡化，并出现了许多跨几个分支学科的新研究方向。在一些十分有活力的研究领域中，代数的、分析的、几何的、拓扑的甚至是随机的方法结合在一起，不同领域的数学家们又重新意识到他们正在从事着一项共同的事业。最近的一个突破是佩雷尔曼证明了庞加莱猜想。在对这个问题的研究中，分析的、几何的和拓扑的方法结合在一起。数学的这样一种发展趋势充分展示了数学内部的统一性，而且为学科的发展带来了新活力和生长点。数学发展的实践证明：数学虽分成许多不同的分支，但是实质上它们密切相关，是一个不可分割的统一整体，当前最具有活

力的分支都是几个分支交叉及融合的结果。正如著名数学家希尔伯特所说的：“数学科学是一个不可分割的有机整体，它的生命力在于各个部分之间的联系。”充分认识数学的这种内部统一性对于制定我国数学发展规划和有关科技政策是至关重要的。

自然科学中的问题是数学发展的另一个重要源泉。历史上不乏这样的例子。为了理解自然，物理学家使用了许多并不那么严格的方法或语言，直到后来数学的介入才给予了严格的阐述，使之得到深入理解。牛顿时代的微积分就不是那么严格的；狄拉克的 $\delta$ -函数也是不严格的，后来导致了广义函数论的诞生。还有一些物理学家采用的方法，直到现在还没有能够充分严格的数学化，给数学家提出了挑战，留下了可供深入研究的问题。近年来，数学家更加自觉地投入到这种与自然科学问题有关的研究中。稍早一些时候，相当数量的离散数学研究者同时也是信息科学方面的专家。稍近一些的例子是数学与生命科学的交叉。数学、计算机科学和生物学结合在一起产生了一门新的学科分支：生物信息学。生物技术产生大量的复杂数据，各种数学工具被用来从这些数据中提取有用的生物学信息。整合不同层次的信息，对生物系统各不同部分之间的相互关系和相互作用建立数学模型，这种以理解生物系统如何行使功能为目的的研究导致了系统生物学的产生。2008年，美国国家科学基金会投资1600万美元，在田纳西大学建立了数学和生物合成国家研究所，吸引全世界顶级的科学家到那里进行创造性的研究，致力于解决这两个学科交叉中的一些迫切需要解决的问题。

高性能科学与工程计算的兴起是20世纪后半叶最重要的科技进步之一。许多重大的科学技术问题根本无法求得解析解，也往往难以进行实验，但却可以进行计算机模拟。高性能计算大大增强了人们从事科学研究的能力，与理论和实验一起成为科学研究的三大支柱。20年前，美国就认识到高性能计算对于国家科技发展的重要性，前后制订多个大的研究计划。现在，美国能源部正在执行一个名为“先进计算导致科学发现”的计划。这个计划在科学和工程计算方面列举了若干重大挑战项目进行研究，包括计算天文学、量

能力、想象力和创造力上的作用是其他学科所不能替代的。

综上所述,数学在自然科学研究、高技术、经济金融等领域的研究中都占有重要地位并具有深远影响。正因为如此,发达国家常常将保持在数学研究方面的领先地位作为它们的战略需要。中国未来10年科技发展的总体目标是:基础科学和前沿技术研究综合实力要显著增强,并要取得一批在世界具有重大影响的科学技术成果;同时,科技促进经济社会发展和保障国家安全的能力要显著增强,使科技发展成为经济社会发展的有力支撑。在这样的形势下,发展数学无疑是保持我国科技可持续发展的重要战略需求,具有重大的现实意义。

## 二、数学发展的趋势与战略目标

过去的半个世纪是数学发展的黄金时代,其发展速度超越了历史上任何时期,许多重大问题得到解决或取得了突破性的进展,成就卓著。数学发展的动力既来自于内部,即解决自身发展中的问题;也来自于外部,即研究现实世界提出的问题。当今数学发展的主要趋势是:数学各分支的融汇,数学与其他科学更加自觉的交叉以及数学与高技术的深入结合。

近年来,数学的发展表现出一种明显的倾向,那就是各分支学科之间相互交叉和相互渗透融合,在研究的问题上是如此,在研究方法上也是如此。很多重大突破都集中反映了这种交叉发展的趋势。原有的分支学科之间的界限淡化,并出现了许多跨几个分支学科的新研究方向。在一些十分有活力的研究领域中,代数的、分析的、几何的、拓扑的甚至是随机的方法结合在一起,不同领域的数学家们又重新意识到他们正在从事着一项共同的事业。最近的一个突破是佩雷尔曼证明了庞加莱猜想。在对这个问题的研究中,分析的、几何的和拓扑的方法结合在一起。数学的这样一种发展趋势充分展示了数学内部的统一性,而且为学科的发展带来了新活力和生长点。数学发展的实践证明:数学虽分成许多不同的分支,但是实质上它们密切相关,是一个不可分割的统一整体,当前最具有活