

# 简讯

中国科学院国家数学与交叉科学中心  
National Center for Mathematics and Interdisciplinary Sciences, CAS



# 2011年中国经济预测报告发布

2011年1月22日，由中国科学院预测科学研究中心(以下简称预测中心)和中国经济网主办的“2011年中国经济预测发布会”举行。这是预测中心连续第六年对外正式发布中国经济年度经济预测报告。多年来，其报告由于其准确性和权威性，得到了政府决策部门、国内外各大经济预测机构和金融机构以及海内外主要媒体的广泛关注和好评。

预测中心关于2011年中国经济的主要年度预测结果如下：

2011年我国经济仍将保持较快的增长速度，预计全年GDP增长速度为9.8%左右。

预计2011年消费对经济增长的贡献率有所上升，但仍低于正常水平。

预计2011年全年CPI将达到3.7%左右。

预计2011年我国对外贸易将保持稳定增长，但增速较2010年明显回落。

预计2011年我国粮食播种面积如不遇到严重自然灾害，在天气中等或中等偏差的情况下，达到10980亿斤左右。

预计2011年我国因煤炭、石油、天然气消费排放的二氧化碳量分别为5636.3百万吨、1478.5百万吨和343.1百万吨。

预计2011年我国房地产市场价格将难以维持高速增长，增速将回落。

预计2011年汽车、家电、钢铁、煤炭和石油行业将依次进入行业景气上行期。

**(详见P2~4页)**

(具体媒体专题报道见中国经济

网相关专题，相关链接  
<http://www.ce.cn/ztpd/xwzt/guonei/2010/ycyt/index.shtml>) 图/许清





## 科研进展

# 并行自适应有限元软件平台取得阶段性突破

文\科技日报

发表时间：2010-12-31

成果\数学与材料交叉研究部

中国科学院国家数学与交叉科学中心自主研发的面向大规模并行计算机的并行自适应有限元软件平台 Parallel Hierarchical Grid(简称 PHG) 日前取得了阶段性成果。基于 PHG 完成的并行自适应有限元应用程序在国产高性能并行计算机上, 最大并行规模达到了 4096 个进程, 最大网格规模超过了十亿个计算单元。PHG 平台使得让科研人员可以在并行计算环境下方便地使用自适应有限元方法, 在提升了计算效率的同时, 显著地缩短了科研人员设计算法的周期。

有限元方法是科学与工程计算中最重要的计算方法之一, 通过数值计算软件, 科研人员利用该方法可以求解电磁场计算、天体物理计算、流体力学计算等一系列计算问题。然而, 随着大规模并行计算机的问世, 现有的数值计算软件无法跟上硬件发展的速度, 不能很好地利用并行计算资源来提升计算效率。科研人员为了让自适应有限元方法可以并行计算, 往往要花费很长的研制周期来设计调试程序。PHG 的目的就是封装、集成并行自适应有限元程序中网格管理与有限元计算的共性算法模块, 为并行自适应的有限元计算软件开发提供一个方便、易用、高效的通用开发平台。

据负责此项目的张林波研究员介绍, 目前, PHG 的核心部分包含约 10 万行代码, 主要模块及功能

基本成熟, 已实际应用于一系列科学问题的计算。PHG 开源版本的源码已经通过互联网公开发布 (<http://lsec.cc.ac.cn/phg>), 科研人员可以免费下载使用。“长期以来, ‘计算效率低’ 和 ‘研制周期长’ 是导致我国数值计算软件严重滞后于计算机硬件发展的两大瓶颈。影响高性能科学计算发展的一个决定性因素是数值计算软件能否快速适应实际应用的发展需求和计算机硬件的迅猛发展。”张林波说, 必须革新串行软件传统的并行化做法。针对特定的高性能计算应用领域发展软件平台或应用框架, 在其中集成共性的算法模块, 再以平台和框架为基础发展并行数值计算软件, 是突破这两大瓶颈的有效途径。PHG 正是在这一指导思想下研制的。

“PHG 的应用可以把从事相关算法研究和软件开发的科研人员从繁琐的并行数值计算设计中解放出来。”张林波说, 比如搞算法研究的人就可以利用 PHG 这个软件平台, 不用考虑并行实现的细节, 只需要关心具体的计算格式, 因为并行计算的过程 PHG 已经自动处理了。PHG 能够实现自适应有限元计算方法在并行计算机数千个处理器核上的高效运行, 它对用户是完全透明的, 大大方便了并行自适应有限元程序的开发。相关科研人员可以像编写串行有限元程序一样, 方便地编写并行自适应

有限元程序,从而可将精力更多地集中在建模及算法实现方面。

另外,PHG 还提供了一组任意阶的层次有限元基函数,可以方便地实现高阶有限元计算,并且支持 hp 自适应计算。PHG 提供面向对象的用户接口,方便了有限元算法的研究与测试。PHG 中还实现了一个与有限元计算密切关联的线性代数模块,提供

大量线性方程组和特征值问题的求解器,基于 PHG 编写的应用程序可任意选用这些求解器,并可将求解器和预条件子进行灵活地组合,从而得到针对特定问题的高效求解器。

(本科研究成果曾在 2010.12.31《科技日报》报道)

## 2011 年中国经济预测报告发布

文\《经济时报》

发表时间: 2011-01-23

成果\数学与经济金融交叉研究部

图\王林

2011 年 1 月 22 日,由中国科学院预测科学研究中心(以下简称预测中心)和中国经济网主办,北京外国语大学和科学出版社协办的“2011 年中国经济预测发布会”在中国科学院基础科学园区思源楼一层报告厅举行。

这是预测中心连续第六年对外正式发布中国经济年度经济预测报告。多年来,预测中心发布的年度经济预测报告由于其准确性和权威性,得到了政府决策部门、国内外各大经济预测机构和金融机构以及海内外主要媒体的广泛关注和好评,预测中心也被国内外许多机构和媒体高度重视。

预测中心关于 2011 年中国经济的主要年度预测结果如下:

2011 年我国经济仍将保持较快的增长速度,预计全年 GDP 增长速度为 9.8%左右,增速较 2010 年略低。投资、消费和净出口对 GDP 增长的拉动分别为: 5.2%、4.0%和 0.6%。预计 2011 年第一产业增速为 4.6%,第二产业增速为 11.0%,第三产业增速为 9.7%。分季度来看,我国经济增长基本呈前低后高之势,第一季度和第二季度 GDP 增长率较低,第三季度和第四季度 GDP 增长率较高。预计各



季度 GDP 增长率的极差(最大差值)为 1%左右,我国经济将较为平稳地发展。

预计 2011 年消费对经济增长的贡献率有所上升,但仍低于正常水平。预计 2011 年全社会固定资产投资总额为 34.2 万亿元左右,比 2010 年增长 23%,投资增速较快。在正常情况下,预计 2011 年内需对 GDP 增长的贡献率将为 95%,内需将成为我国经济增长的主要推动力。预计 2011 年进出口增速较 2010 年为低。

预计 2011 年全年 CPI 将达到 3.7%左右。其中第一季度 CPI 最高,以后各个季度将呈下降趋势。对全年 CPI 贡献最大的,分别是食品类价格和居住

类价格。食品类价格全年同比上涨 7.1%左右,对 CPI 的贡献约为 64%,居住类价格全年同比上涨 5.4%左右,对 CPI 的贡献约为 19%。2011 年中国不会发生严重的通货膨胀。

预计 2011 年我国对外贸易将保持稳定增长,但增速较 2010 年明显回落。整体来看,进口情况好于出口,贸易顺差与 2010 年基本持平。预计 2011 年,我国进出口总额约为 36091 亿美元,同比增长 21.4%;其中,出口额约为 18935 亿美元,同比增长 20%;进口额约为 17156 亿美元,同比增长 23%。预计 2011 年,我国对美进出口总额约为 4645 亿美元,同比增长 20.5%;其中,出口额约为 3400 亿美元,同比增长 20%;进口额约为 1245 亿美元,同比增长 22%。预计 2011 年,我国对欧盟进出口总额约为 5847 亿美元,同比增长 21.9%;其中,出口额约为 3766 亿美元,同比增长 21%;进口额约为 2081 亿美元,同比增长 23.5%。

在全球不出现经济基本面急剧恶化和战争等重大突发事件的情况下,预计 2011 年大宗商品期货价格将继续上涨,代表大宗商品期货走势的 CRB 商品期货指数将在 530~650 点之间波动,均值为 584 点,同比上涨约 15.8%左右。

预计 2011 年 WTI 原油期货价格在 75~115 美元/桶之间波动,均价为 90 美元/桶。2011 年黄金价格预计在 1250~1650 美元/盎司之间波动,均价 1380 美元/盎司。2011 年 LME 3 月铜期货价格将在 7000~11000 美元/吨之间波动,全年维持高位运行走势,均价 8666 美元/吨。2011 年 CBOT 小麦、玉米和大豆等主要农产品的期货价格将有一定幅度的上涨,均价约分别上涨至 684、530 和 1290 美分/蒲式耳,同比上涨约 18%-24%。

预计 2011 年我国粮食播种面积将比 2010 年略有增加,如果不遇到严重的自然灾害,在天气中等或中等偏差的情况下,粮食产量将比 2010 年增加 50 亿斤以上,达到 10980 亿斤左右。我国有可能实现 2004 年以来的连续第八年粮食增产;预计



2011 年棉花播种面积将比 2009 年有较多增加,增幅在 3%左右,如果后期天气良好,预计产量将达到 650 万吨左右;预计 2011 年我国的油料播种面积将小幅增加。如果生长期气候良好,产量将比 2010 年有较大幅度的增加。

预计 2011 年我国因煤炭、石油、天然气消费排放的二氧化碳量分别为 5636.3 百万吨、1478.5 百万吨和 343.1 百万吨,总的因能源消费而排放的二氧化碳量为 7457.9 百万吨。分行业来看,来源于一次化石能源消费产生的二氧化碳排放量占总的一次化石能源消费产生的二氧化碳排放量的比例排在前五位行业及其数值分别是:电力、热力的生产和供应业,37.18%;石油加工、炼焦及核燃料加工业,24.68%;金属冶炼及压延加工业,7.51%;化学工业,7.37%;非金属矿物制品业,6.45%。

预计 2011 年我国房地产市场价格将难以维持高速增长,增速将回落。2011 年全国商品房平均销售价格将达到 5711.51 元/平方米,同比增长 12.77%。预测 2011 年第 1 季度的全国房屋销售价格指数为 106.9,环比将下降 1.3 个百分点;第 2 季度为 106.1,环比将下降 0.8 个百分点;第 3 季度为 105.4,环比将下降 0.7 个百分点;第 4 季度为 105.3,环比将下降 0.1 个百分点。此外,商品房需求增速将放缓,住宅房地产需求增速下降明显,包括办公楼用房和商业营业用房在内的非住宅性房地产将是主要的需求增长点。在加大保障房建设等政策的推动下,商品房供给仍将保持增长,但

新开工面积和竣工面积增幅将明显下降,市场供需缺口仍将存在。房地产行业投资完成额将保持较快增长,房地产企业土地购置面积增速将放缓,完成土地开发面积将降低。

预计 2011 年汽车、家电、钢铁、煤炭和石油六个行业将依次进入行业景气上行期。其中,作为宏观经济的先行指标,汽车行业景气在 2011 年上半年将维持 2010 年四季度以来的小幅上升态势,但全年景气回升幅度有限;2011 年汽车行业销量将由快速增长向平稳增长过渡,预计全年我国汽车销售量可能达到 2000 万辆,比上年增长 11%左右。家电行业将紧随其后,于 2011 年一季度步入景气上行期,家电下乡和以旧换新的销量仍将持续高速

增长;有色金属行业景气则很有可能于 2011 年一季度末触底回升,有色金属价格上涨压力依然较大;而钢铁、石油和煤炭行业 2011 年上半年仍将维持景气下行态势,下半年随着我国经济增速的提升而逐步步入景气上行期。

预测中心关于 2011 年中国经济的预测结果还包括居民收入、证券市场、人民币汇率等,详细预测结果请见由科学出版社出版的《2011 年中国经济预测与展望》一书。希望这些经济预测工作对相关政府决策部门和国内外企业进行经济形势判断和投资决策有重要参考价值。

## “水利与国民经济协调发展研究”获得突破性进展

文\数学与经济金融交叉研究部

由国家数学与交叉科学中心陈锡康、杨翠红、刘秀丽课题组与中国水利水电科学研究院、清华大学共同承担的水利部重大科技项目“水利与国民经济协调发展研究”获得 2010 年“大禹水利科学技术奖一等奖”。该研究利用投入占用产出技术在水利科学发展方面开辟了一个新的研究方向“水利投入占用产出模型及其应用”,解决了计算水利投资净效益、水利投资占 GDP 最佳比重和工业及居民用水的影子价格等实际部门迫切需要解决的难题。课题组还测算了全国 31 个省座城市居民和工业用水的影子价格,由中科院办公厅以专报形式上报,得到温家宝总理重视和批示。

水利与国民经济协调发展研究具有重要的战略意义。近几十年来,水资源短缺和环境保护日益

引起国内外的重视。预计在 21 世纪水资源短缺将成为制约中国,特别是中国北方地区社会经济发展和人民生活水平提高的最重要因素之一;但另一方面,中国又面临着洪涝灾害的严重困扰,如 1998 年曾发生长江和松花江的洪灾。解决水资源短缺和尽可能地减少水旱灾害损失显得同等重要。利用管理科学方法研究中国水资源的合理分配和高效利用,具有重要的现实意义。

该课题组提出和完成的水利投入占用产出模型在国内外均是“首创”。迄今为止,国内外专家如 H. O. Carter 等编制水资源投入产出表,只反映水资源的利用和分配情况,不能反映水利建设和水生态环境保护等情况。而水利投入占用产出表不仅能反映水资源利用和分配,还能反映水利建设状

况和水利部门的社会保障和生态保障作用。

课题组还提出了衡量水利基建投资对国内 GDP 净效应的概念与计算方法，并进行了实际测算；课题组首次测算了水利基建投资占 GDP 的最佳比重，水利财政支出占国家财政支出的最佳比重，对中央有关部门决定水利投资数额具有重要参考价值；课题组刘秀丽等计算了全国工业及居民用水的影子价格，测算了全国及 31 个省会城市 2009 年工业用水的影子价格，研究结果对中央和地方有关部门合理确定水价提供科学依据具有重要参考价值。

该研究在方法上也具有独创性。所提出和采用的主要方法，即投入占用产出技术得到国际学者的高度评价。如美国科学院院士 Isard 认为：投入占用产出分析是“非常有价值的发现”，是“先驱性研究”。国际投入产出协会前主席、美国麻省理工学院 K. R. Polenske 多次建议进行投入占用产出技术及其应用的合作研究。根据她的建议，美国国家科学基金委批准了课题组的多个国际合作研究和



交流项目。全球可持续发展联盟 (AGS) 自 1998 已连续多年资助利用投入占用产出技术研究中国山西省乡镇企业能源利用和环境保护研究项目。

## 高档数控系统最优插补与空间刀补取得重要进展

文\数学与先进制造交叉研究

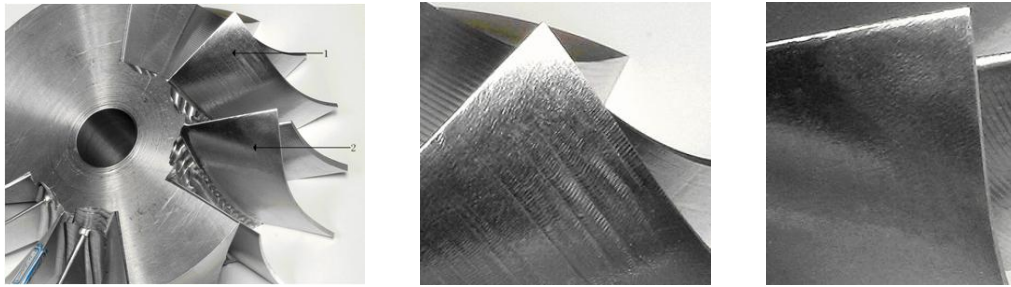
国家数学与交叉科学中心高小山、李洪波研究课题组在高档数控系统的最优插补与空间刀补方面取得重要进展，提出了多周期过渡插补方法、基于二次样条函数的最优插补方法以及基于曲面重构的空间刀补方法，以上三项关键技术分别在

2010 年 8 月、12 月获得三项发明专利授权，并在沈阳计算所的蓝天数控系统上实现，使得数控加工的速度明显提高，加工质量得到显著改善。

为了实现复杂曲面高速高精加工，针对连续微小线段加工中速度方向频繁突变而制约整体加工

速度的困难,课题组从数学建模与最优算法方面对这一问题进行了深入研究,提出了多周期过渡插补方法和快速前瞻算法,并证明了该方法在一定条件

下达到了时间最优。该方法在蓝天数控系统上实现,实验结果表明,与已有算法相比,加工速度提高了50%-180%,加工质量有显著提高,见图1.



全局图

局部(原来算法)

(新算法)

图1 加工的叶片图

样条曲线插补是数控加工的新趋势与研究热点。我们提出的基于二次样条函数的拟合与最优插补方法与已有插补方法相比,实现了用低次样条对加工路径具有的较高压缩比的拟合,插补方法在整体上达到了加工时间最优,加工精度高,计算速度快,工作性能稳定且适用范围广泛。

针对数控加工因刀具磨损或换刀需重新生成加工程序而降低生产效率的问题,我们提出了基于曲面重构的空间刀补方法。这一方法首次实现了仅依赖加工程序进行在线刀补,使得加工干涉点显著降低(见图2),提高了生产效率和加工质量。

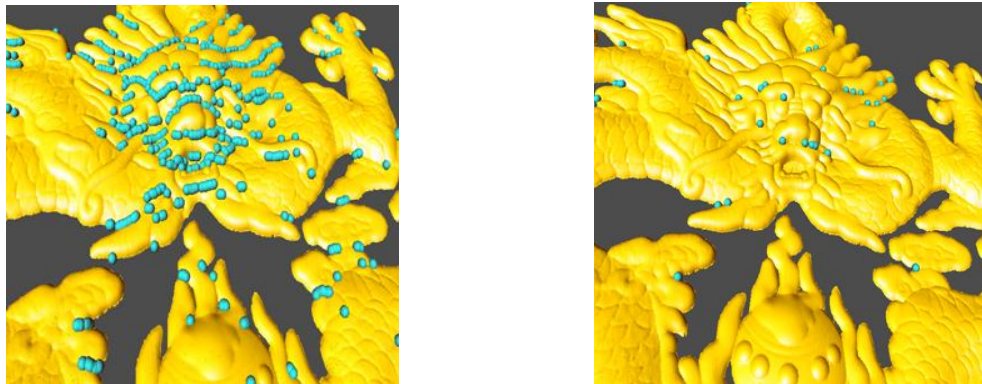


图2 空间刀补前后干涉点对比

## 建立布尔网络系统完整的确定型控制理论

文\数学与信息技术交叉研究部

近日,国家数学与交叉科学中心在布尔控制网络研究中取得重要进展。程代展和齐洪胜课题组对布尔网络进行了深入分析与综合研究,初步形成了一个较完整的确定型布尔网络的控制理论,多篇论文发表在控制理论顶级杂志《IEEE Transactions on Automatic Control》和《Automatica》上,并于2011年1月由Springer出版专著。

上世纪60年代初, Jacob 和 Monod 在研究遗传回路时发现任何细胞都包含若干调节基因,它们像开关一样,能打开或关闭其他基因,从而形成遗传回路。这项工作使他们获得了诺贝尔奖。自 Kauffman 提出布尔网络框架后,因为它能为基因调控网络提供了一个简单而直观模型而成为研究热点。Kitano 讲到:“系统生物学的一个主要目标就是要发展复杂生物系统的控制理论”。对布尔网络的动态特性及其控制的研究可望加深对细胞及其基因调控原理的理解,发现影响和调控基因和细胞演化的方法,有助于揭开疾病病理、生态进化、DNA 结构等生命的秘密,因而是一个极具挑战性的前沿方向。

程代展和齐洪胜课题组利用矩阵半张量积工具,将布尔网络系统转化为标准线性离散系统,从

而使数学与现代控制理论中的许多工具得到直接应用。他们得到的主要结果包括:提出了布尔网络的状态空间分析方法;给出了一般布尔网络动力学的拓扑结构;给出了布尔控制网络的能控性与能观性的充要条件;给出了布尔网络的镇定设计、干扰解耦、辨识、最优控制等问题的有效方法。这些结果初步形成了一套较完整的确定型布尔网络的控制理论。

这些研究成果得到《IEEE Transactions on Automatic Control》和《Automatica》等杂志审稿人的高度评价。例如,“这篇文章将会成为讨论确定型布尔网络结构的标准参考文献”;“该文包含了从控制理论到网络领域的一个创新的扩展,并且对我们的研究领域有着潜在的重要影响”;“这是布尔网络研究中的一个真正突破”;“首次提出了逻辑动态系统的坐标变换,并提出了正则子空间的概念,这两个贡献是重要的和原创的”;“根据我的判断,文章的贡献是重要的,而且在将控制理论的工具应用到布尔(控制)网络方面具有根本的重要性。

## 量子关联与量子非局域性方面取得的重要成果

文\数学与信息技术交叉研究部

由薛定谔 Schrodinger 于 1935 年阐述的量子纠缠是量子力学中基本而又最为怪异的现象。

Schrodinger 也深深地忧虑量子纠缠或许会给量子基础带来困惑。Einstein, Podolsky 和 Rosen

在一篇著名的论文“*Can quantum Mechanics Be Considered Complete?*” (Physical Review, 1935)中就利用量子纠缠来反诘测不准原理,从而诘难量子力学的完备性.量子纠缠的概念也激起了物理和哲学上关于关联和局域性的广泛研究和讨论.

上世纪七十年代, Bell 首次提出了后来人们通称为 Bell 不等式的判据,这就为判定局域隐变量理论的预测与量子力学的预测提出了可供实验检验的方案,从而可实验验证纠缠这一量子理论的预测是否实际存在.之后 Aspect 等的著名实验,以及很多其他实验,都证实了基于纠缠的量子力学预测,而与 Einstein 等的局域实在性观点不符.特别地,随着近二十年来量子信息论的兴起和飞速发展,量子纠缠已成为该理论中最核心的概念和量子实验中的基本资源,展示着广阔而又深刻的应用前景.1989年, Werner 首次严格地对两体量子态进行分类,提出了纠缠与可分的分类方案,这从数学上对量子纠缠给出了严格的定义.从此,量子纠缠的判定,量化,应用等方面的研究形成了一个热潮,其研究在理论和实验上都取得了很多突破性成果,正为今后的量子通信、量子计算及其它量子技术创造条件.

随着研究的深入和理论及应用的需要,人们发现量子纠缠仅仅是一种特殊的量子关联. Werner 将关联划分为纠缠与可分的方案,虽然一直占据着量子信息的中心地位,却并没有完全刻画经典关联与量子关联的本质区别,于是量子关联这一比量子纠缠更一般的现象的研究变得迫切起来.特别地,著名物理学家 Zurek, Vedral 等于 2001 年提出了量子失协(quantum discord)这个概

念,用于量化量子关联.这是个物理意义明显而又有重要价值的量子关联度量,但其难以计算的特征一直阻碍着这方面的研究.同时,关于经典关联,量子关联以及量子非局域性的关系,因其在量子物理中的基本意义和核心作用,也引起人们的探索.

骆顺龙关于量子关联和量子非局域性方面的研究工作正是在此背景下进行的,近两年在量子关联的刻画与量化方面取得一系列重要研究成果,2010年被他人引用 80 余次,部分理论结果也被中科大量子信息重点实验室进行的实验工作所引用和验证,多项他人工作(包括多篇 Physical Review Letters 上论文)实质性地引用和依赖于骆顺龙的结果.

在量子关联方面,骆顺龙首次推导出了所有 Bell 对角态的量子失协的解析公式.这是量子关联领域的一个基本而又应用广泛的结果,立即被国际上很多学者应用于众多量子现象的研究.骆顺龙从量子测量的观点阐述了将关联划分为经典关联与量子关联的方案,首次提出了测量诱导的扰动这种量子关联度量比并用之于量子计算的研究,这已成为量子关联领域的重要结果.

骆顺龙与合作者还系统地研究了经典关联与量子关联的关系,否定了 Lindblad 的关于经典关联不弱于量子关联的猜测,从量子克隆的角度刻画了量子关联,统一了量子不可广播定理,从量子关联和测量的角度研究了非局域性.这后一成果被国际著名刊物 Physical Review Letters 接受发表.

以上成果都属于量子关联与量子非局域性这个当今量子信息论的热点领域,在量子物理的基础理论探讨和实验应用研究中都有重要的意义.

## 分子生物网络拓扑结构方面取得喜人进展

文\数学与生物医学交叉研究部

国家数学与交叉科学中心章祥荪、吴凌云、王勇研究组以最优化模型和算法为主要数学工具,对生物信息学中序列、结构、功能、网络等几个不同层次的若干问题做了深入研究,在基因调控网络的推断、蛋白质相互作用网络的预测、蛋白质结构与功能研究与疾病成因的分析、以及用组合和图论方法解决基因组研究中的其他一些问题取得了系统的研究成果。

运筹学与生物和医学的交叉研究是当前国际上的研究热点和前沿领域。在对一些复杂生物现象建模和医学数据处理的研究过程中,运筹学本身也得到了发展的动力。尤其是近年随着基因组学和蛋白质组学研究的逐步深入,面临的挑战性问题越来越多。例如对大规模数据的处理和利用,对具有 NP-难本质的生物学模型的求解,成为全球科学家关注的问题。

2010 年,课题组在分子生物网络的拓扑结构研究方面取得重要进展。众所周知,许多类型的复杂网络如生物网络和社会网络都具有模块(社团)结构。识别复杂网络的模块结构有助于更清楚地理解网络的整体和局部性质。例如在蛋白质相互作用网络(见附图)中的模块负责执行基本生命功能,如 DNA 转录、mRNA 翻译等。因此探测生物分子网络的模块结构已引起数学界、物理学界和生物学界许多学者的关注。一个比较重要的概念是 Newman 和 Girvan (Physical Review E, 2004) 提出的一种衡量网络社团结构的模式函数  $Q$ , 目前很大一部分模块探测的方法集中于利用各种启发式算法来极大化  $Q$ 。然而 Fortunato and Barthélemy (PNAS, 2007) 等发现模式函数  $Q$  存在着严重缺陷,称为 resolution limit, 即当网络规模很大时,优化  $Q$

不能识别出规模较小的模块。章祥荪小组分析了网络模块结构的性质,即在什么条件下模块是不可分的。并提出了一种新的、能更准确地刻画复杂网络模块结构的测度,称为模式密度  $D$  (Physical Review E)。与  $Q$  相比,新的模式测度  $D$  的最大特点是考虑了模块的密度,因而能克服  $Q$  中没有模块顶点信息的缺陷。在进一步的研究,设计了求解模块密度  $D$  的谱分解方法,将其应用于蛋白质相互作用网络,并与  $Q$  的结果进行了系统比较来说明两者差异 (BMC Systems Biology, 2010)。为了更清楚地了解  $Q$  和  $D$  这两个模式测度的优缺点,他们用离散凸规划方法对  $Q$  和  $D$  进行了解析,从理论上分析模式函数  $Q$  和  $D$  在刻画复杂网络模块结构的优缺点,指出了它们适合的网络类型 (Europhysics Letters, 2009)。该论文被 EPL 选为 2009 年代表最前沿、最具创新性和最大进展研究方向的论文之一 (<http://www.epj.org/news/epl-best-of-2009>)。

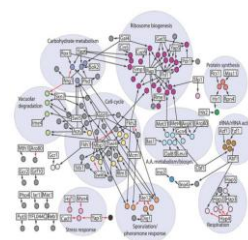
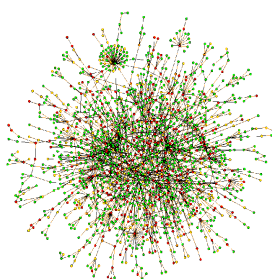
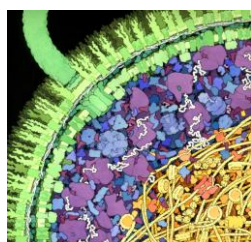
最近,该小组提出了一种全新的模块结构探测的运筹学模型。该模型首次将模块探测问题定量表述为一个整数线性规划问题,分析了其理论计算复杂性,并给出了基于最小割的启发式算法。数值实验表示了该算法能够克服  $Q$  存在 resolution limit 问题。这部分研究工作已被著名组合优化杂志 *J. of Comb. Optimization* 接受。目前该小组已经将这些理论和建模方法应用到生物网络的分析中,如蛋白质相互作用网络、转录调控网络、信号转导网络和代谢网络等 (*IET Systems Biology, 2009; BMC Bioinformatics, 2010; Amino Acids 2010*)。

除此以外,该小组还在其他生物信息学问题上取得了重要的进展。比如,张世华博士的一篇文章,

引进了将多个蛋白质三维结构元件一起装配到大分子复合物的低温电子显微镜(cryo-EM)图象中的计算方法。这一研究成果被国际生物信息学顶级会议 ISMB 接受为口头报告,并同时发表在 Bioinformatics 杂志上。文章在发表后不久,即获得了“Faculty of 1000 Biology”(简称 F1000)的推荐。

这些成果生动地说明,最优化模型和算法在复杂生物问题的抽象建模和数据处理方面有着很大的潜力。同时我们也欣喜地看到,运筹学在很多实际的生物问题中找到了新的方向和课题,特别是图论、组合数学、最优化理论与算法、复杂网络这些分支成为数学与生物科学交叉的先遣重点。

附图:细胞中的蛋白质相互作用(左图),酵母菌中的蛋白质相互作用网络(中图)和网络中的模块结构(右图)



## 不可压 Navier-Stokes 及相关方程适定性研究取得突破

文\数学与物理工程交叉研究部

在 Navier-Stokes 方程与流体力学交叉研究中,关于三维不可压缩 Navier-Stokes 方程具有紧支集光滑初值整体光滑解的存在性或局部光滑解在有限时间内爆破是美国 Clay 研究所公布的 7 大千禧年问题之一。

围绕此问题,张平研究员和合作者取得重要进展:和法国 Bordeaux 大学 M. Paicu 合作提出了新的函数空间框架并应用此工具改进了张平与 Chemin 早期有关 3 维各向异性不可压缩 Navier-Stokes 方程整体适定性的结果。特别地,推进了该方程整体解存在的初值小条件,从而对于

更多的初值,3 维各向异性的 Navier-Stokes 方程存在整体唯一解;和桂贵龙合作,证明了三维经典的不可压缩 Navier-Stokes 方程整体解的各向异性稳定性;和 Chemin 和 Gallagher 合作,证明了通过三维不可压 Navier-Stokes 方程存在整体光滑解的初值集合中的任意一点,存在无穷多条任意长的直线段使得在该线段上的任一点,三维 Navier-Stokes 方程仍存在唯一整体解;和 Abidi 及桂贵龙合作,证明 3 维非齐次不可压缩 Navier-Stokes 方程整体光滑解的稳定性及大时间衰减行为;和明梅及章志飞合作,证明了在自由曲面表面张力系数不为零时的长波极限。



## 新闻报道

# 国家数学与交叉科学中心召开第一届执委会第一次会议

文\许清 图\王林

2011年1月20日,中国科学院国家数学与交叉科学中心第一届执委会第一次会议在北京召开。中国科学院国家数学与交叉科学中心主任、数学与系统科学研究院院长郭雷院士以及18位执委会委员参加了会议,中国科学院基础局局长刘鸣华、基础局数理处处长王永祥出席了会议。

会议分别由国家数学与交叉科学中心副主任王跃飞和高小山主持。郭雷主任首先致词。他强调,国家数学与交叉科学中心承载着重要的历史使命,一定要竭尽全力做好。交叉研究不是为“交叉”而“交叉”,而是要在这个交叉研究的平台上,让科研人员更加专心致研、更加自由探索、更加开拓视野、更加促进合作、更加勇于创新,从而攻关更高水平的科研成果,并为推动国家科学技术事业和社会经济发展做出战略性、基础性和前瞻性的重大贡献。

刘鸣华局长发表了讲话。他指出中心作为“创新 2020”第一个启动的 B 类先导专项,意义十分重大。中心要尽快进入实质性运转、启动项目,与其他领域的国内外专家展开多种形式的密切合作,做出有显示度的成果。同时要探索有利于中心发展



的体制机制,努力把交叉办好,真正在科研与机制上起到引领作用。

会议讨论并审议了国家数学与交叉科学中心章程等制度文件,中心理事会、学术委员会等领导机构,先导项目和培育项目启动事宜,中心网站及 LOGO 内容和架构,宣传工作及第一期简报等事宜。会议还讨论和部署了中心 2011 年度工作。

另外,六大交叉研究部及合肥中心的主任还分别介绍了各部 2010 年度工作进展和 2011 年度发展计划。

## 国家数学与交叉科学中心首场招聘评审会召开

文\许清

2010年12月14日,国家数学与交叉科学中心(以下简称交叉中心)首场招聘评审会召开。国家数学与交叉科学中心主任、院长郭雷,副主任、党委书记王跃飞等院所领导、六大交叉研究部主任出席招聘评审会议。会议由王跃飞书记主持。

郭雷主任在讲话中说,刚刚成立的交叉中心,发展定位于从国家层面搭建数学与其他学科交叉合作的高水平研究平台,要真正实现这一目标,离不开一支高水平、高素质的精英队伍,所以甄选第一批科研人员意义重大。他指出,交叉中心的选人原则,应参照数学院常规科研岗位人才引进标准,同时也要兼顾交叉科学研究的特点,不局限于条件限制,综合考虑申请人的科研背景、科研能力、科研品质。要拓宽思维,考虑引进具有不同学术背景的科研人员进行数学交叉科学的研究,为交叉科学的发展注入新的活力。

院长助理闫桂英研究员结合近年科研岗位人员引进情况,介绍了交叉中心招聘计划以及各研究部申报人选情况。

2010年共有超过60位科研人员申请了交叉中心科研岗位。各个研究部通过详细考察或答辩从中

初选了13位参加本次评审。在接下来的评审中,13位申请人分别从教育背景、工作经历、主要业绩和研究计划等方面进行了汇报,并就具体问题作了进一步的答辩。

随后,评审专家进行了投票表决。会议确定投票规则为:不限定名额,宁缺勿滥,票数超过2/3即入选。根据投票,共有6人入选:贾晓红、张立先、李晓东、袁海东、张晨松、夏炎。评审委会推荐其中两位申请中国科学院百人计划。另外,评审会还建议出台“海外优秀青年人才计划”,并推荐两位新入选的科研人员进入这一计划。

关于人才引进,与会专家认为,海外优秀青年人才的岗位设置必须与交叉中心的科研发展规划相结合,优先保证新兴学科、交叉学科、重点学科、重大攻关项目、重点实验室对人才的需求。交叉中心人才引进必须坚持德才兼备,实行按需设岗、公开招聘、专家评审、择优聘任、合同管理。还要求面向国家重大战略需求和国际科学前沿,积极申请争取并主持国家科研项目;参与国家重大科研项目,在本学科领域取得具有一定影响的重要成果。



## 合作交流

# 国家质检总局党组成员张纲总工程师一行来访

图并文/许清

12月24日,国家质量监督检验检疫总局党组成员张纲总工程师和质量管理司田世宏司长一行10人来访数学学院及交叉中心,并与我院部分领导和质量科学专家座谈。经过共同商讨,双方达成多项共识,为今后更好地合作奠定了良好基础。

座谈会由副院长、交叉中心研究部主任汪寿阳研究员主持。副院长陈敏研究员、副院长洪佳林研究员、院长助理潘建中研究员和全面质量管理专家刘源张院士等出席了会议。汪寿阳副院长说,数学院是一个国立研究机构,不仅理论研究水平高,而且一直有一个好的传统,那就是坚持理论联系实际。在新成立的国家数学与交叉科学中心这个平台上,将会与国家质量监督检验检疫总局有更多合作,为我国企业质量管理和质量科学的发展作出更多更大的贡献。

洪佳林副院长向张纲总工程师一行介绍了数学院的基本情况,陈敏副院长介绍了数学院在质量科学特别是质量管理领域方面的主要工作,质检总局田世宏司长介绍了该局质量管理司的职能和2011年的工作安排。数学院有质量领域知名的专家和学者,培养了一批优秀的质量科学领域的专业



人才。现在政府提出了质量强国的战略,这为数学院的研究提供了一个重要需求,今后双方展开合作,为建设质量强国作出更大贡献。

张纲总工程师说,质量建设是国家发展的需要,也是人民群众提高生活的需要。我们要把握住机遇,联合起来,深化合作,把国家的质量体系建设提高到一个新的层次。数学和系统科学一直在质量管理体系建设中发挥着重要作用,他希望,数学院积极参与全国质量管理的重大战略问题的研究,包括国家新的质量发展纲要的研究与制定工作,并建议双方加强合作,先签署一个合作意向书,把相关工作积极开展起来。

刘源张院士说,国内质量管理领域经过这些年的发展,学术水平和研究队伍并不比国外差。之所以没有形成名牌产品,关键是在实际操作中“用的

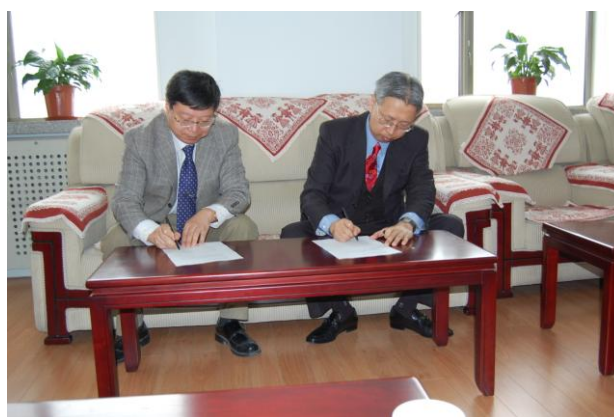
不够好”。他希望,双方经过合作,尽快改变这种状况,让人民群众过上高质量生活。

## 预测科学研究中心与台湾经济研究院签署合作备忘录

文\刘秀丽 图\许清

为推动新时期海峡两岸学术交流与合作研究,12月29日台湾经济研究院(以下称台经院)左鸿德所长、陈彦豪博士一行受台经院洪德生院长的委派,专程到中国科学院预测科学研究中心与汪寿阳主任等会谈,商讨双方长期合作事宜。

会谈期间,汪寿阳主任和左鸿德所长分别介绍了中国科学院预测科学研究中心和台湾经济研究院的研究领域和未来几年重点关注的研究方向与问题,与会人员陈彦豪博士、范英研究员、杨翠红研究员、刘秀丽副研究员、王珏博士等分别作了补充介绍。双方一致同意建立长效合作机制,以创造双赢和发展的契机,同时,双方确定了2011年的合作重点与部分具体合作项目。



会谈结束后,汪寿阳主任与左鸿德所长共同签署了经过事前多次通讯讨论修改拟订的《中国科学院预测科学研究中心与台湾经济研究院合作备忘录》

## 后危机时代金融改革及金融机构风险管理研讨会召开

文\凌爱凡 图\王林

2010年12月26日,国家数学与交叉科学中心经济金融交叉研究部、预测科学研究中心和中科LGD联合实验室联合举办后危机时代金融改革及金融机构风险管理研讨会。会议由副院长陈敏研究

员和中科院预测科学中心副主任杨晓光研究员共同主持。

副院长汪寿阳首先讲话。他简要回顾了国家数学与交叉中心成立的社会背景和时代意义,他希望经济与金融交叉研究部能秉承数学院的优良传统,与金融机构更加紧密的加强合作,充分发挥国家数学与交叉中心这个新的平台,为国家培养更多的数学与经济、金融相结合的高层次人才。

来自中国银监会、工商银行、农业银行、招商银行、民生银行等金融机构和北京大学、清华大学和中央财经大学等高校师生 150 余人参加了本次研讨会。与会人员主要围绕巴塞尔新资本协议、新

的监管动态、金融机构风险计量及管理新经验等方面,探讨了银行业金融风险管理实践中遇到的现实问题。

室外寒气逼人,持续了三个半小时的研讨会现场气氛却异常热烈。本次研讨是国家数学与交叉科学中心正式挂牌成立后举办的首场关于经济金融领域的学术研讨会,对于国家数学与交叉科学中心经济金融交叉研究部未来的研究与发展有着特别重要的意义。

## 环境材料研究部访问上海两所国家重点实验室

图并文\郑伟英

11月25日,科学与工程计算国家重点实验室科研人员一行21人,到上海的中国科学院红外物理国家重点实验室(以下简称红外物理实验室)和复旦大学专用集成电路与系统国家重点实验室(以下简称集成电路实验室)进行为期两天的学术交流访问,以期进一步推动科学与工程计算国家重点实验室开展面向国家重大需求的交叉科学研究工作。

科学与工程计算国家重点实验室成员于11月25日来到红外物理实验室访问,受到该实验室主任陆卫的热烈欢迎。11月26日,成员来到位于复旦大学张江校区的集成电路实验室进行学术访问。集成电路实验室特意安排了四个学术报告,全面介绍该实验室的研究成果以及研究中遇到的数学问题,

红外物理实验室依托于中科院上海技术物理研究所,主要研究方向聚焦在我国红外光电技术发展的科学基础上,包括红外光电子物理及红外辐射



与物质相互作用、红外辐射和探测的原理与机制和新型光电功能材料和器件。目前,两实验室的部分成员已初步确定将在材料的第一原理计算、多物理多尺度模拟等方向进行合作研究。

复旦大学集成电路实验室是我国目前唯一专门从事集成电路设计研究的国家重点实验室。该实验室在“单片CMOS千兆以太网收发芯片SERDES”、

“32 位 RISC CPU”芯片、“非接触式 IC 卡”芯片等领域取得重大突破,许多成果已转化并产生了显著的经济和社会效益。

在日益重视数学及其交叉科学研究的大环境下,本次学术访问颇具意义,大家表示将在多个方向进行合作研究。

## 中国人口问题研讨会召开

文\王明喜

2011 年 1 月 13 日,由中科院预测科学研究中心和国家数学与交叉科学中心经济金融交叉研究部联合举办的“人口交叉问题研讨会”在思源楼召开。来自京津地区的多所高校和研究所的专家、教授和学者参加了会议。

数学院副院长汪寿阳研究员首先致词。他指出,当前中国人口问题是涉及国家利益和社会发展的一个重大问题,许多相关问题亟待研究解决,它们直接影响着我国经济社会的发展战略。

会议主要就“中国人口问题急需解决的交叉问题是什么,应该如何去研究解决,在解决过程中存在的技术和政策障碍是什么”,“随着中国人口结构问题凸现,计划生育的‘一胎政策’是否应该调整,调整的最佳时点是什么,如何进行有计划、有准备、有试点、有步骤地推进”,“人口规模预测和校正人

口普查数据可靠性问题”,“残疾人和养老问题的社会保障体系构建”,“人口视角下经济、环境、资源和社会的协调发展问题”等问题展开了热烈探讨。

北京大学人口研究所庞丽华教授和任强教授、中国社会科学院人口与劳动经济研究所都阳研究员、中科院预测科学研究中心陈锡康研究员和杨翠红研究员分别作了会议发言。北京大学人口研究所乔晓春教授和中国人民大学人口研究所顾宝昌教授对当前人口研究的前沿问题提供了一些建议和重要的材料。

本次会议得到了国家自然科学基金委和院士工作局的大力支持。会议的召开,将对推动我院深入开展人口交叉问题的研究将起到积极推动作用。

## 交叉中心举办数学与生物和医学交叉应用研讨会

文\数学与生物医学交叉研究部

2010 年 12 月 29 日,为期两天的国家数学与交叉科学中心生物和医学交叉研究部、中科院一马

普学会计算生物学伙伴研究所联合举办的数学与生物和医学交叉应用研讨会在上海闭幕。生物和医

学交叉研究部学术委员会主任马志明院士、研究部主任巩馥洲研究员及中科院—马普学会计算生物学伙伴研究所所长韩敬东研究员等近 50 名科研人员出席了会议。巩馥洲研究员和韩敬东研究员分别主持了会议。

马志明院士发表了重要讲话。他说,国家和科学院已经深刻意识到交叉科学研究的重要性,历史给了我们科研工作者很好的新机遇,我们要珍惜并加强合作,促进双方的学术研究,要双向地、自愿地、全身心地投入交叉合作,使我们的科研工作迈上一个新台阶。他强调,经费并不重要,重要的是脚踏实地,要做到国际前沿,真正做出国际一流的学术水平成果,无愧于国家和人民对我们的厚望。巩馥洲研究员简要介绍了国家数学与交叉中心的社会背景、时代意义和运行机制,以及生物和医学交叉研究部的定位和发展规划。他希望,大家能充分利用国家数学与交叉中心这个新的平台,为我国和世界数学与生物和医学交叉应用的发展做出历史性贡献。

韩敬东研究员对两个单位的全面合作提出了建议,并在会议结束时发表了总结讲话。她充分肯定了此次会议取得的成果,并希望此次会议能积极交流学术思想和科研成果,为今后的密切合作奠定



良好基础。

与会科研人员就生物和医学发展中的热点和前沿问题以及数学理论和方法所能发挥的作用进行了交流,并对未来可能合作研究的领域和问题做了深入和实质性的探讨。会议初步明确了未来合作的领域和方向,确定了两个单位全面合作的工作机制以及生物和医学交叉研究部的科研工作框架,收到了很好的效果。

此次会议还专门安排时间讨论了国家数学与交叉科学中心生物和医学交叉研究部与中科院—马普学会计算生物学伙伴研究所全面合作的有关事宜以及生物和医学交叉研究部今后的科研工作框架。

## 纳米材料与统计科学交叉应用研讨会召开

文\数学与先进制造交叉研究部

由国家数学与交叉科学中心数学与先进制造交叉应用研究部主办“纳米材料与统计科学交叉应用研讨会”于 2010 年 12 月 30 日下午举行。数学与先进制造交叉应用研究部成员于丹研究员,数学与系统科学院副院长陈敏研究员,国家纳米科学中心张忠研究员、唐智勇研究员,以及美国密歇根大

学工业与运筹工程系金炯华教授等近 30 名科研人员出席了此次会议。

会议上大家围绕纳米材料中的统计问题,面向纳米材料研究领域和统计科学研究领域,开展相关讨论。来自国家纳米科学中心的唐智勇研究员、张忠研究员分别对纳米涂层和高分子复合材料的研

究进展进行了介绍,并重点介绍了其中涉及到的数学和统计问题,与会专家就此开展了深入的讨论。

此次会议对于未来数学与先进制造交叉应用

研究部同纳米材料领域的合作领域和方向进行了探讨,为今后的密切合作奠定了良好的基础。

## 数字化设计与数控系统关键算法研讨会在京召开

文\数学与先进制造交叉研究部

2010 年 11 月 30 日,数学与先进制造交叉研究部召开的为期三天的计算机辅助制造(CAM)与数控加工专题研讨会在北京闭幕。我部科研人员及其他研究所和高校等近 20 位多名专家、教授参加了研讨会。

研讨会主要就“复杂曲面数控加工 CAM 系统及其应用”,“基于 TGA 理论的薄壁件侧锐加工变形预测”,“复杂曲面的刀路规划算法”等关键问题研究等相关技术问题做了专题报告。中科院数学院科研人员就国际多轴数控加工中的刀轨规划等问题的最新进展做了专题介绍。本研讨会围绕以上相关问

题展开了热烈讨论和交流。

沈阳自动化所的刘伟军、卞宏友、赵吉宾等专家和大连理工大学的孙玉文教授分别作了会议发言。中国科技大学的邓建松教授对计算机辅助制造与数控加工相关方面的工作提供了一些重要建议和材料。

本次会议对于数学与先进制造部与国内相关单位进一步合作开展数控加工与 CAM 中关键算法问题的研究有重要促进作用。



## 专家视点

### 编者按

国家数学与交叉科学中心成立以来,得到了有关领导同志及专家学者的大力支持与指导。从本期开始,本刊将推出《专家视点》栏目,以期将一些真知灼见与大家分享。栏目的首篇文章——《数学与真理》旁征博引,从数学的辉煌到数学的局限、再从随机性到复杂性,阐述了数学的发展及其与科学真理的关系。文章睿智深刻,文理贯通,充满了辩证哲理,诠释了科学精神。该文原载于2010年第4卷第4期《前沿科学》杂志。

# 数学与真理

文\宋华

数学是关于数和形的科学。19世纪以前,哲学家们曾认为数学是人类超感性、超经验、纯理性思维的产物,把它划入形而上学范畴。古希腊毕达哥拉斯(Pythagoras, ~500BC)曾说,“数”统治着宇宙和人间的一切现象,是万物的基本要素,理想合理的数量关系表现了世界之美。审美是人与生俱来的本能,数学提供了一种无需经验就成功地纯理性自行发展的光辉范例。19世纪以后,科学界主流转向唯物论,拒绝对数学的唯心主义解释。数学家们大都认为:数学,发源于人们对客观世界的观察和经验,经过演绎、归纳、综合、抽象和创意,而形成的知识体系。两千多年来,那部欧几里德几何,以其表述事物的准确,逻辑推理的严密,概念和论点的高度概括和表达形式的简约美丽,成为人类理性思维的典范。牛顿力学精确描述日心说以后,18世纪数学登上了光辉的顶峰,被誉为“上帝的金钥匙”,“科学的皇后”,牛顿定律是“神的

定律”,神圣不可侵犯的“绝对真理”。

19世纪下半叶以降,随着新知识的积累,人们视野不断扩大,从极度兴奋中冷静下来,逐步意识到,数学也并非全知万能和尽善至美,即使是最光辉的成就常只是阐明事物在特定条件下的局部狭理,或仅适用于某一历史时代的哲理。数学中还有很多悬而不能决的假设、猜想等悬理,甚至很难被证实的玄理。许多新出现的科学问题尚无理可援。与每一门现代科学一样,数学知识体系一直是开放的,在发展中,成长着,进步着,与大自然共进,与社会发展齐驱,看来永无竟时。

### 辉煌时代

古数学从自然数开始。老子(前600年)从一数到万,“道生一,一生二,二生三,三生万物”。因有些自然量不能公度,如正方形斜边、圆面积等,

又从整数扩展到分数、有理数、无理数、负数、复数等，形成了可以进行加减乘除运算的完备数系。为度量物形，点线方圆，发明了几何学。在中国可追溯到公元前1000年的商代(《周髀算经》)。欧几里德(Euclid, 活动于前300年左右)集古希腊人数学之大成，著《几何原本》13卷，流传于世2000多年。徐光启(1562-1633)和利玛窦(Matteo Ricci, 1552-1610)于明末译成中文出版，至今续梓不断。故我们生活其中的三维空间，泛称为欧氏空间。徐光启上疏说，《原本》“其道甚正，守甚严，学甚博，心甚真，见甚定”，“学事者，资其定法，发其巧思，故举世无一人不当学”。为研究曲线和物体运动，牛顿(Isaac Newton, 1642-1727)和莱布尼兹(Leibniz, G. W., 1646-1716)于17世纪中叶独立发明微积分，立即广泛应用于几何、力学和天文学，取得了震撼世界的伟大成就，证实了哥白尼(Nicolas Copernicus, 1473-1543)的日心说和开普勒(Kepler, Johannes, 1571-1630)的行星运动三定律。牛顿发现的万有引力定律把时间、空间、运动纳入数学，使天上地上的事物统一起来，打开了现代科学的大门。17世纪的科学巨人们都虔诚信仰基督教，声称他们的研究工作是为了“准确、全面地理解圣经，增辉上帝的荣耀”。

人类自古崇敬数学。毕达哥拉斯说，“自然界是数的世界”。老子见到“数满天地”。周朝设畴官，司天文历法，“畴人有秩，天纪无失”。到17-18世纪人们对数学的崇敬达新高潮。法国科学巨擘笛卡儿(René Descartes, 1596-1650)强调，科学的目的在于“征服自然”，使人成为“自然界的主人和统治者”。他说，“在所有知识结构中，数学基础的稳固结实是最高的；数学是一把金钥匙，是上帝的安排，永世不朽，只有数学才能开启通向真理的道路。除了用数学推导出的结论以外，我不承认任何东西是真的”。伽利略(Galileo, 1564-1642)申明：“数学是上帝描述世界的字母，数学知识不仅是绝对真理，而且像《圣经》中任何一行一样，都

神圣不可侵犯”。量化自然现象，发现新的数学规律是伽利略终生目标。他测出地球重力加速度为 $9.8\text{ms}^{-2}$ ，蜚誉欧洲。

牛顿发现万有引力和创立牛顿力学(1687)，震天动地。他的墓誌铭上刻着：“自然和自然定律隐在黑暗中。上帝说，让牛顿去干吧！于是宇宙一片光明。”有评论曰：哥白尼、伽利略、开普勒等发起冲锋，牛顿大获全胜。

崇敬数学之风，18世纪尤烈，席卷欧洲知识界。哲学、政治、经济、伦理、美学、音乐等人文科学各界都深受影响，纷纷引进数学方法。彼时人们的共识是，通过观察和理性思维去认识世界是获得真知的唯一道路，而数学演绎和归纳的推理方法又是理性思维中最深刻、最锐利和最有力的武器。德国哲学家康德(Immanuel Kant, 1694-1774)宣称，“数学是打开知识大门的金钥匙”，“是科学的皇后”，“科学的发展取决于其与数学结合的程度”。德国莱布尼兹(Leibniz, Gottfried Wilhelm, 1646-1716)曾想用数学改造各学科，用简单符号语言去表达复杂概念，用几何学改造语法，使语文简洁明了，逻辑清晰。他研究过由法国耶稣会士白晋(Joachim Bouvet, 1656-1730)1679年从中国带回的《易经》，在八卦中发现了二进制计数系统，成为20世纪计算机中的算术基础。<sup>[5]</sup>法国经济学家F·魁奈(Francois Quesnay, 1694-1774)认为，数学可以解释自然、社会、思维的一切现象，声称发现了“经济和社会生活的数学方程”。法国医生B. P. H·霍尔巴赫(Baron Paul Heinrich d' Holbach, 1723-1789)试图从物质运动出发去解释人的生理、行为和思维，自诩发明了“人脑思维的微积分”，出版《自然体系》一书，被称为“无神论的圣经”。英国哲学家、医生哈特利(Hartley David, 1705-1757)认为，最复杂的心理过程，如爱情和宗教信仰，都可以用数学公式表达出来。

欧洲文学界也追求数学的风格美，通过语言

的标准化重建文学。英国文学家 S. 约翰逊 (Johnson, Samuel, 1709-1784) 于 1746 年重编《英文辞典》，使单词和语法精确化标准化，向符号语言迈出了重要一步。为 20 世纪实现自动化机器翻译开辟了道路。崇尚数学的风尚还对诗歌、散文和艺术风格和结构发生了明显的影响。

法国数学家傅里叶 (B. J. B. Joseph Fourier, 1768-1830) 于 1807 年提交法国科学院的一篇论文奠定了音乐数学基础。傅里叶证明了任何乐曲都是由管、弦乐器在空气中振荡而发生不同频率的正弦声波线性组合而成。单音(纯音)是单一频率，复音由多个频率合成。最低频率为基音，其它组分称为泛音或谐音，是基音频率的整数倍，音调是基音的频率，音程是两个音频之间频率差。钢琴中音 C 的频率定义为 261.6 周，它的八度高音是 523.2 周，前者的 2 倍。音色由谐音出现的数量和强度决定。音量是各正弦波的振幅。据对音乐的数学分析，美国工程师 (Harry Olson 和 Herbert Belar) 于 1955 年发明了电声音乐合成器，为音乐创作和演奏提供了复杂而灵活的计算机辅助装置，实现了音乐机械化。德国音乐大师巴赫 (J. S. Bach, 1685-1750) 和奥裔作曲家勋伯格 (Schoenberg, Arnold, 1874-1951) 发展了作曲的数学理论。数学分析是现代乐器设计和制造业的主要手段。

法国空想社会主义者圣西门 (Saint-Simon, Henri de, 1760-1825) 宣称数学是世界上“唯一的科学”，“牛顿定律是神的定律，物理科学、精神科学和政治科学都可以建立在牛顿力学基础之上”。曾当过圣西门秘书和助手的孔德 (Auguste Comte, 1798-1857) 创意用实证主义 (Positivism) 建立社会学，通过实地调查，搜集事实，统计数据，演绎和归纳出结论，找到解决社会问题的规律性办法。孔德被誉为社会学的先驱，是美国杜威 (John Dewey, 1859-1952) 自然主义经验学派和其学生胡适 (1891-1962) “大胆假设，小

心求证”，“多研究些问题，少谈些主义”的实用主义源头。19 世纪 70 年代出现了经济数学流派，以法国库尔诺 (Antoine Augustine Cournot, 1801-1877) 为代表，1838 年发表《财富理论的数学原理研究》，用数学演绎和推理代替文理分析，论证生产中的供需和价格的数量关系，开启了数量经济学的先河。经英国经济学家杰文斯 (William Stanley Jevons, 1835-1882) 法国瓦尔拉 (Marie Esprit Leon Walras, 1834-1910) 和意大利的帕累托 (Vilfredo Pareto, 1848-1923) 等人相继 100 多年的努力发展成今日以经济统计为基础的计量经济学。

17 世纪的数学家、物理学家们对基督教上帝至少文字上表示虔诚。18 世纪以后开始拉开距离，把原指上帝的“造物者”一词转义指大自然。18 世纪末的法国大革命是一个历史的分水岭。法国《百科全书》主编狄德罗 (Denis Diderot, 1713-1784) 公开质疑：“你要我想信上帝，你先得让我触到他，我才能信。”法国数学家拉普拉斯 (Pierre-Simon, Marquis de Laplace, 1749-1827) 呕心 30 年 (1798-1827)，出版了经典著作五卷集《天体力学》，应用牛顿力学论证了潮汐涨落，地表重力，月球的天平动，土星环的形状及成因和行星轨道的摄动等。任政府内政部长时，曾赠书首相拿破仑。据传，拿破仑问他，“为何大作中不提上帝造物主？”拉普拉斯回答说：“我不需要这个假设”。他用大自然代替了上帝。

微积分出现以后，派生了众多的数学分支，如微分方程、微分几何、函数论、概率论、数理统计等，逐步聚集成自然科学和工程技术须臾不能离开的工具箱和武器库。微积分成了创立和发展热力学和流体力学 (1738-1865) 强有力的数学工具，推动了各种动力机械和航空航天产业的发展。微积分使电动力学的出现 (1865) 成为可能，肇始了人类社会电气化热潮。数学是推动人类产业革命“看不见的”动力源。

19世纪末物理学开始研究分子、原子和亚原子粒子微观的结构和现象,发现牛顿力学不适用于描述微观世界的物理特性和运动规律。数学又帮助物理学家创立了量子力学(1889-1929),从而克服了物理学遇到的空前危机。量子力学完全建立在数学构造的框架之上,把已发现的亚原子粒子梳理成序,建立了标准模型,推动了原子物理、粒子物理、半导体和激光技术的发展,引导社会进入了原子时代和信息时代。电子计算机的发明(1939-1946)和广泛应用进一步提高了数学在科学、技术和社会发展中的中坚作用,成为现代社会生产和生活中的杼轴,同时也极大地改变着数学本身。

从牛顿以降,数学一直主宰着物理和天文学。20世纪,从量子力学开始,数学又支配着微观世界的粒子物理学。在天外,还期驭着宇宙学。现代数学巨擘陈省身(1911-2004)吟咏过数学之妙与造化之美(1980):

物理几何是一家,共同携手到天涯。  
黑洞单极穷奥秘,纤维连络织锦霞。  
进化方程弧立异,对偶曲率瞬时空。  
畴算竟有天人用,拈花一笑不言中。

1992年陈省身著文致贺杨振宇七十寿辰,题“杨一米尔斯方程和杨一巴克斯特方程”,曰:

麦翁磁电魁,  
杨子规范能。  
穷究宇宙秘,  
炎黄不世才。

陈另有注:“爱因斯坦的广义相对论将物理释为几何,规范场论作成大道,令人鼓舞。”

规范场论奠基人,物理学家杨振宁(1922-)于1975年写过五言诗,放颂微分几何之天衣艳绝:

天衣岂无缝,匠心剪裁成。

浑然归一体,广邃妙绝伦。  
造化爱几何,四方纤维能。  
千古寸心事,欧高黎嘉陈。

中国数学大师华罗庚归纳成:大哉数学之为用。宇宙之大,粒子之微,火箭之速,化工之巧,地球之变,生命之谜,日用之繁,无处不用数学。

### 数学非全知

20世纪科学进步和新技术革命的伟大成就,进一步激起了人们对数学的更高期望。理论物理学家们追求建立一种能把自然界存在的四种力场,电磁力、原子核内的强力、弱力和引力,统一起来的“统一场论”,谑称为“万物之理”(Theory of Everything),引发了人们的幻觉,好像数学最终可能创造一种包罗万象又无所不能的理论或方法,解决大自然和人间的一切问题,成为至善全能的终极经纶。

德国数学家希尔伯特(David Hilbert, 1862-1943)曾深信,以《几何原本》为圭范,只要建立一组公设或公理,选定运算对象(字母),确定连句文法,规定运算规则,制定检查程序,就可能从中演绎出全部数学真理。欧几里德几何从23个定义,5个公设和5个公理出发,推演出几乎全部平面和立体几何理论,证明了500多个定理,包含了当时已知的有关三角形、多面体和圆锥曲线等几何理论。<sup>[2]</sup>希尔伯特为实现数学形式化的理想,于1899年把欧氏几何整理成公理化的纯演绎系统,获得了成功,被视为理性形式主义数学的代表作。公理或公设是经长期实验和观察为真而无需再证的自明命题。只要这组公理互不矛盾(相容性)和涵义足够广泛(完备性),经过运算和推理就可以得到覆盖整个研究领域的全部真理命题。建立公理化形式系统曾是19世纪末和20世纪初数学研究的重要方向,推动了分析数学的发展。但是,

由于选定公理体系带有主观随意性,受知识范围的限制,希尔伯特的理性形式主义没有完全成功。

一个公理体系如果不会导出相互矛盾的结论称为相容的;如果不出现不能判断真假的命题,称为完备的。奥裔美籍数学家哥德尔(Kurt Gödel, 1906-1978)于1931年证明了“不完备性定理”,从根本上动摇了希尔伯特的奢望。该定理断言,在任何一个包括算术系统在内的公理形式系统中必存在本系统中既不能被证明,也不能被否定的命题,而且这个系统本身的相容性和完备性不可能得到判明。或者说,一个包括算术系统在内的公理形式系统如果是相容的,则一定是不完备的,必存在不可证明的真命题。它的相容性在本系统中也不可能得到证实,即不能用有穷步运算或推演判定出来。例如,考虑下列陈述:“某命题的真伪是无法证明的”。如果能证明此论为真,则此公理系统不相容;如果不能证明其为真,则不完备。1970年代数学家们就发现了不少在数论中不可解的,即不能判断其真假的命题。哥德尔的不完备性定理否定了存在一套尽善至备的有穷公理体系的可能性,从而否定了希尔伯特的奢望。事实上,有限的几个公理和公设不可能覆盖这丰富多彩的亘古世界。出乎希尔伯特预料之外,“由有限条公理构成的封闭形式系统不可能完备”,已为后来的众多实例所证实,今天已变成一条新的公理。

逻辑学是研究思维规律的科学。通过概念正名,规范推理规则,研究理性思维的逻辑规律。中国古代称为名学、辩学、名理或论理。章士钊(1882-1973)创意把英文Logic音译成中名逻辑学(1909)。古希腊哲学家亚里斯多德(Aristotle, 前384-前322)首创三段论法(Syllogism),用一个运算关系联系两个前提,从而推演出一个新的结论性判断,被尊为形式逻辑学的奠基人。十七世纪英国哲学家F·培根(Francis Bacon, 1561-1626)引进归纳法,丰富了形式逻辑的内容。由于数学的发展需要逻辑分析,德国数学家莱布尼茨又创立了

数理逻辑学。19世纪英国自学成才的皇家学会会员布尔(George Boole, 1815-1864)发表《逻辑的数学分析》(1847)等著作,发展了数理逻辑。20世纪布尔逻辑代数被成功地应用到电子计算机和通讯中的二进制运算,成为现代信息社会的算术基础。但是,把理性思维公式化的目标始终没有完全达到。人类语言的多义性和语法结构的多样性使逻辑学的正名和“谓词运算”遇到不少困难。最早被注意到的“悖论”是《圣经·新约》中的谬述。耶稣门徒圣·保罗致信教皇曰,“克里特岛人总撒谎”,稍后又说“克里特岛人埃皮米尼德斯(Epimenides)宣称,所有克里特岛人都撒谎”,那么埃氏的命题是否也是谎言?欲赋予日常用语以严密数学逻辑也很困难。如下列命题:“后一句结论是错的,前一句是对的”,每句含义清晰,联起来则循环否定,不知所云,应用至本身则成为笃病逻辑。

曾到北京大学作访问教授(1920-1921)的英国数学家、文学家罗素(Russell, Bertrand-Arthur William, 1872-1970)青年时代热心研究数理逻辑,发表《数学原理》(1903),试图从逻辑原理推演出数学系统,描述整个世界。他自己发现的一个“病命题”,称为“罗素悖论”,对数理逻辑的发展产生了重要影响。罗素悖论断言,有时形式逻辑推理也会出现矛盾:把一个集合的成员分为二类,一类是含有自身为成员的子集记为R,另一类不含自身为成员的子集记为 $\bar{R}$ 。按定义推论下去得到循环矛盾:所有 $\bar{R}$ 中的集既不属于第一类(含自身),也不属于第二类(不含自身)。有人把此比喻为“理发师的困惑”:我给所有自己不刮脸的人刮脸,不给自己刮脸的人刮脸。当他给自己刮脸时陷入了两难,他为自己刮脸就不该为自己刮脸,他不为自己刮脸就该为自己刮脸。只有某事不是某事时它才是某事。[4]中国近尝简分人口为两类,“流动人口”和“本地人口”,从本市某区县到另一区县工作的人,户口不在本地,既不是本地人口也不是流动人口。模糊定义的前提后面,三段论法的排中律(不

可两不可)常不能适用。在早期逻辑学中这类悖论层出不穷。罗素本人对此感到失望,他说,“数学这个东西,有时我们不知道自己在说些什么,也不知道正确与否”。他的兴趣逐步转向哲学和文学,改信社会主义,1950年获诺贝尔文学奖。当然,困难不能阻碍有用学科的发展和进步,已被证实为有用的理论会继续被广泛使用,困难和模糊不断被克服,数理逻辑今天已进化成科学研究武器库中的利器。

数学的本意是计数。英国自动机科学(机械运算)奠基人图灵(Alan Turing, 1912-1954)把算术简化到少量几个机械操作(1936),加上海量存储器(磁带),就可以构成后来的电子计算机的强大计算能力。我们知道有两种方法把实数分为二类。从零到1的实数全体记为 $[0, 1]$ ,分为有理数(整数、分数、循环小数和零)和无理数(不循环的无尽小数)。另一种办法是分为代数数和超越数。代数数是指所有整系数多项式代数方程式的解,包括全体有理数和部分实无理数。不是代数数的实数称为超越数。能用计算机程序算出函数值的函数称为可计算函数,或叫作递归函数。凡能用有限长的计算程序算出其值的实数称为可计算数,否则叫作不可计算数。数学家们已经证明,线段 $[0, 1]$ 上的实数中只有可数个代数数是可计算的,其它(概率或测度为1)都是不可计算的和不能枚举的超越数。到20世纪末数学家们只找到了少数几个超越数,如 $\pi$ 、 $e$ 和 $2^{\sqrt{2}}$ 等。几乎一切无规律可循的随机数都是不能计算的。一个小线段上的数尚且不能计算和枚举,遑论全知。

主要研究整数性质的数论是数学中古老又最具神奇色彩的数学分支。德国数学家哥德巴赫(Goldbach, 1690-1764)观察到,任何一个偶整数都可以表达为2个素数(除1和它本身没有别的因子)的和。1742年,他致信询问著名数学家欧拉(Euler, Leohard, 1707-1783),能否证明或举反例证伪。欧拉认为这可能是对的,但无法证明,遂将

此公布于众,成为著名的哥德巴赫猜想。250年来吸引了成千上万数学家和爱好者的迷恋,有的心痴意狂,甚至精神恍惚,神经分裂,到了20世纪才有进展。

中国数论专家王元院士将哥氏猜想改述为:每一 $n \geq 6$ 的偶数都是2个奇素数之和, $n=p_1+p_2$ ,记为 $(1+1)$ ;每一 $n \geq 9$ 的奇数都可表达为3个奇素数之和,记为 $(1+1+1)$ 。

容易证明,如果偶数的 $(1+1)$ 得证,奇数为 $(1+1+1)$ 就成推论,因为任何奇数 $n$ 可表为 $n=3+p_1+p_2$ 。<sup>[19]</sup>

20世纪初欧洲数学界把哥氏猜想列为最大数学难题之一。1920年左右全世界数论学者发起了攻坚战,持续了50年之久,始终未能证明 $(1+1)$ 为真。

1919年挪威的数学家布伦(Virgo Brun)建立了筛法,证明了每个充分大的偶数都是由2组不超过9个素数的积合成,即 $(9+9)$ 。

1920年英国数学家哈代(G. H. Hardy, 1877-1949)和李特伍德(J. E. Littlewood)利用“圆法”,在未经证实的黎曼假定条件下证明了:每个充分大的奇数都是3个素数之和, $(1+1+1)$ ;几乎所有偶数都是2个素数之和, $(1+1)$ ;不能由 $(1+1)$ 表示的不大于 $n$ 的偶数个数 $E(n)$ 满足极限条件 $\lim_{n \rightarrow \infty} E(n)/n = 0$ 。

1934年苏联数学家维诺格拉多夫(I. M. Vinogradof, 1891-1983)和英·剑桥的埃斯特曼(1937)(T. Estermann)发展了圆法,独立证明了:每一个充分大的奇数都可表示成 $n=p_1+p_2+p_3+p_4$ ,即 $(1+1+2)$ 。

1937年意大利里奇(G. Ricci)证明了 $(2+366)$ 。

1937年维诺格拉多夫把自己1934年的结果改进到:每个足够大的奇数都是 $(1+1+1)$ 。

1938年华罗庚(1910-1986)在英国剑桥建立了著名的华氏不等式,证明了:几乎所有偶整数 $n$

可表示为一个素数和另一个素数的  $K$  次方之和,  $n=P_1+P_2^K$ , 即  $(1+K)$ 。抗战时期, 1940 年华罗庚在西南联大执教时完成了解析数论的经典杰作《堆垒素数论》, 在国内外享得盛誉。他后来培养出一批优秀的中国数论专家。

1938-1940 年英国数论学家布克什塔布 (A. A. Buchstab) 改进了筛法, 证明了  $(5+5)$  和  $(4+4)$ 。

1950-1970, 中国青年数学家在华罗庚的指导和影响下, 发起对哥德巴赫猜想的冲击。1957 年王元证明了  $(1+3)$ 。1962 年潘承洞证明了  $(1+5)$  和  $(1+4)$ 。陈景润于 1966 年证明了  $(1+2)$ , 这是到 20 世纪末最接近猜想的成就。

国际数论学界认为, “陈景润的成就是惊人的, 从筛法的任何方面来说, 它都是光辉的顶点”, 纷纷祝贺中国老一代数学家培养出这么多出色人才。华罗庚曾多次激动地说: “我的学生们成就中最使我感动的是  $(1+2)$ ”。

与哥德巴赫猜想相伴的还有一个“孪生素数猜想”: 存在无穷多个素数  $P$  使得  $P+2$  也是素数。这也是至今没有解决的数论难题。布朗 (Virgo Brun) 1919 证明, 存在无穷多个自然数  $P$ , 它们和  $P+2$  都是不多于  $C$  个素数的积, 且  $C \leq 9$ 。拉德玛彻 (H. Rademacher) 于 1924 年把布朗的 9 减至 7。布克什塔布 1930 年证明了  $C \leq 6$ 。王元于 1957-1962 年证明了  $C \leq 3$ 。陈景润 1973 年证明了  $C \leq 2$ , 这也是至今最接近猜想 ( $C=1$ ) 的结果。

19 世纪被誉为数学王子的德国伟大数学家、天文和物理学家高斯 (Carl Friedrich Gauss, 1777-1855) 曾评论说, “数学是科学中的王后, 而数论是数学中的王后。她总是降尊屈贵为天文学和其他自然科学帮忙, 但她自己始终是主角”。

文学家誉称陈景润的成就是“摘下了皇冠上的明珠”。<sup>[22]</sup> 人们注意到, 无论是圆法或筛法所得结论都在偶数“足够大”时才成立。1956 年布罗德钦 (K. G. Borodzkin) 指出这“足够大”的偶数应在  $e^{8.9 \times 10^6}$  ( $> 10^{3 \times 10^6}$ ) 以上, 而用计算机已逐个检查到  $10^8$  以前,  $(1+1)$  猜想都成立。<sup>[21]</sup> 这足够大处

的  $(1+2)$  离  $(1+1)$  的目标仍然相当遥远。

为证明这看似“简单”的猜想, 全世界最优秀的数学家接续奋斗了 250 年。为攀上每一新高度都要创造新方法, 建造新攀具, 每一步都付出了艰辛的劳苦, 拉动着数学科学的发展。然而, 到 21 世纪初仍未闻有人彻底证明了哥德巴赫猜想的真伪。陈省身曾说, “数论是数学中最要紧、最深刻的应用数学。数学家们拿数学做实验。有些问题证明起来非常困难, 有些假设至今还不知道是否正确”。

美国普林斯顿大学的维尔斯 (Andrew Wiles) 1994 年宣布他花了十多年证明了 300 多年没有解决的费马 (Fermat, Pierre, de, 1601-1665, 法国数学家) 大定理 (FLT, Fermat's Last Theorem):  $x^n+y^n=z^n$ , 当  $n>2$  时没有整数解。这也是一个看似简单而诱人发狂的算术问题。每年都有人自称“证明了”此定理, 但没有一个被数学界承认。维尔斯的证明被同行们认为“没发现有不可改正的错误”, 轰动了全世界。中国有位工程师对此气愤填膺, 到香港去宣布“他早已完成证明”, 埋怨中国数学家们不识泰山。无论如何, 包含费马大定理在内的更一般的丢番图 (Diophantine, 希腊代数学, 公元 250 年左右活动在埃及亚历山大城) 方程, 求整系数的  $n$  阶代数方程的整数解, 即希尔伯特 1900 年提出的第十问题, 是不可能解决的难题。苏联数学家 (Yuri Matijasevic) 于 1970 年证明, 不存在某种算法, 或有限长程序, 能查明任何  $n$  阶丢番图方程是否有整数解, 遂被列入不可解的复杂问题之类。这从计算数学角度再次证明了哥德尔的不完备性定理。

白居易 (772-846), 字乐天, 当属乐天派。他放言: “试玉要烧三日满, 辨材须待七年期”, 何其短也。在数论中, 费理需时 300 载, 哥猜十代不见底。真理难求。

随着人类视野和眼界的不断扩大和知识的积累, 数学中的公理也时有变化。原来以为是绝对真理的东西, 后来, 变成了相对真理, 狭理或隘理, 甚至被推翻。最著名的案例是欧几里德几何中关于

平行线的“第二公设”被非欧几何所取代。在《几何原本》中把“有限长直线可以无限延长”和“两条平行线永不相交”视为无需求证而自明的命题(见[2]中定义1.23, 公设1.2, 命题1.30), 后人称为“第二公设”, 直到18世纪末被普遍认为是绝对真理。当知道了地球是球体大地是球面以后, 就有人怀疑第2公设的正确性。新兴的大地测量推翻了“第二公设”, 证明了它及其推理只在地面上每点小范围内有效。在球面上连接两点的直线不可能无限延长, 两条平行曲线可能相交。德国数学家高斯(1792), 俄国数学家罗巴切夫斯基(Nicolai I. Lobachevsky, 1792-1856)于1816年, 匈牙利数学家J. 波利约(Janos Bolyai, 1802-1860)于1823年分别创立了非欧几何(双曲几何), 他们集中注意修改欧氏几何中的公设和公理, 建立了全新的几何世界。德国数学家黎曼(Georg Friedrich Bernhard Riemann, 1826-1866)于1854年又发展了球面微分几何的测度方法, 证明了只有在球面上无限小的区域内欧氏几何才适用。非欧几何和球面几何在20世纪的物理学、相对论、天文、大地测量、航天等科学领域中都得到了广泛的应用。实践和理论都证明了欧氏几何是局域的和相对的真理, 不是绝对真理。

### 机缘

宇宙中的一切都处于永恒变化之中。除了变化及其规律, 世上没有什么东西是永恒的。恒星100亿年要灭, 太阳50亿年后将熄, 大地1亿年后会重组, 今人100年后死光, 禾草岁岁枯荣。以认识和研究世界数形为使命的数学, 一直在适应世界的变化, 研究新命题, 创新观念和方法, 以便更确切地描述这个世界。

牛顿以降的200多年, 数学主流集中于描述世界的状态, 解释“世界为什么是这样? ”。两条科学原理主宰了当时的科学界: 第一, 世界是物质的, 是可认识(理解)的。“凡可以知, 人之性也, 可知,

物之理也”(荀子·《解蔽》)。第二, 事有原委, 物有形迹, 有因才有果, 先因后果, 一切事物的发展必遵循因果律。牛顿力学、电磁、光、热、流体等都服从这两条原理。科学家们曾谠言, 你只要告诉我现在的世界状态, 我就可以算出久违的过去和遥远的未来。科学界称此为“决定论”(Determinism), 哲学家们贬之为机械唯物论。20世纪以来科学潮流大变, 观察到自然界很多现象的发生具有偶然性, 或者起源于不遑细分的集体现象, 已有的知识不足以判断其发生的主因。天有不测风云, 人有旦夕祸福, 人类的历史中充满偶然事件, 影响着文明的进程。杜牧怀古, “东风不与周郎便, 铜雀春深锁二乔”。白居易放言, “周公恐惧流言时, 王莽谦恭未篡时, 倘使当初身便死, 一生真伪有谁知? ”。历史中很多重大事件是偶然发生的, 事先不可能预知。地震、天灾、水患、疫情, 最高洪峰、最低气温等自然现象的发生都有极大偶然性。20世纪发展起来的微观世界物理学——统计力学、量子力学、规范场论等都是建立在概率波函数之上的, 成功地描述和解释了原子结构、放射性衰变、半导体、激光发生、精细辐射光谱等集体现象, 经受了实验物理学的长期检验。

为补正机械唯物论的缺点, 科学界达成共识, 在上述两条基本原理之后加上第三条, 即客观存在着的一类非定向、无规则、多种可能并存, 故不可能准确预测的随机运动, 简称为“随机性”, 从而为把机械唯物论改造为辩证唯物论创造了条件。辩证唯物论认为, 事物有时具有偶然性, 可以这样或那样发生, 历史才如此丰富多彩; 偶然性是必然性的表现形式, 背后受必然性驱动; 必然性和偶然性可以相互转化, 相互依存; 客观事物的发展趋势, 即使有随机因素, 总有可认识的必然性。“历史是一个十分复杂并充满矛盾, 但毕竟是有规律的统一过程。”

早在16世纪, 数学先驱们已注意到偶然事件中也有部分客观规律可循。意大利数学家卡尔达诺(Jereme Cardano, 1501-1576)研究过掷骰游戏的

概率分析。法国青年数学家帕斯卡(Pascal, Blaise, 1623-1662), 费马(Fermat, Pierre de, 1601-1665), 棣莫弗(De Moivre, Abraham, 1667-1754), 拉普拉斯(Laplace, Pierre Simon, 1749-1827)等都为概率论学科的建立做出过基础性贡献。俄国数学家切比雪夫(Chebyshev P. L., 1821-1894), 里雅普诺夫(Lyapunov A. M., 1857-1918), 马尔科夫(Markov A. A., 1856-1922)等改进了前人的理论。20世纪初科尔莫哥洛夫(Kolmogorov A. N., 1903-1987)发表《测度理论和概率论》(1929), 建立了完善的概率论体系, 立即被世界科学界所接受, 广泛应用于自然科学和社会科学各领域, 成为科学研究、社会管理中极有力的工具, 也影响着政治、经济、哲学和文化中的观念和公理体系的进步。

经过 300 多年的努力, 数学家们逐渐发现, 众多的偶然现象都服从两个基本定律, 即“大数律”(Jacob I Bernoulli, 1713; P. C. Chebyshev, 1866)和“中心极限律”(A. M. Lyapunov, 1901)。大数律断言: 如果多次重复, 任何随机量  $X$  多次取值的平均值  $\bar{X}$ , 必无限趋近于它的概率平均值—数学期望  $E(X)$ 。或者说, 当试验次数  $n$  趋于无穷大时, 平均值  $\bar{X}$  和数学期望  $E(X)$  的差大于任何小数的概率趋于零。

中心极限律则断言: 如果有很多相互独立因素共同影响某随机量  $X$  的取值, 那么它的概率分布  $P(x)$  必是正态的, 俗称为钟形曲线, 如下图所示。相对数学期望  $E(X)=a$  竖线左右对称, 面积各占一半。曲线的高度反比于均方差  $\sigma$ ,  $\sigma=(E(X-a)^2)^{1/2}$ ,  $\sigma$  愈小曲线愈高而陡。随机量  $X$  的取值总集中在数学期望  $a$  附近, 落在  $a \pm \sigma$  区内的概率为 68.2%, 落在  $a \pm 3\sigma$  以外的概率只占 0.2%。

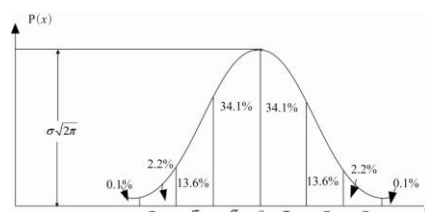


图1 正态分布标准曲线和随机量落在不同区域中的概率百分比。以数学期望  $a$  为中心, 处于  $a \pm \sigma$  之内的面积占曲线下总面积的 68.2%, 落在  $a \pm 3\sigma$  以外的只占 0.2%。

### 平均值

对各种自然和社会随机现象的统计都表明, 正态分布适用范围极其广泛。美国 1950 年对 10 万男人作过身高测量, 平均高  $a=1.7\text{m}$ , 均方差  $\sigma=5\text{cm}$ , 身高在  $1.6\text{m}-1.8\text{m}$  之间 ( $a \pm 2\sigma$ ) 的占 97.4%, 超过 1.85m 和矮于 1.55m ( $a \pm 3\sigma$  以外) 的各占 0.1%, 精确符合中心极限律。

比利时数学家凯特勒(Quetlet, L. Adolphe Jacques, 1796-1874)于 1828 年组织了第一次国际统计学代表大会, 发起了人口调查, 统计死亡率、出生率和犯罪率。他还对人群的体重和各种能力进行了测量和统计。凯特勒发现, 人群的身高、体重、肢长、臂力、视力、脑围等项测量数值都服从正态分布律。

20 世纪以来, 各国专业机构招生时对不同人群的智力分布进行过广泛测量统计。结果都表明 70% 的人属于智力正常 ( $a \pm \sigma$ ), 弱智和非常聪明的各占千分之一。显然, 影响个人智力发育的因素多不胜数, 符合中心极限律的前题假设, 得到这个结果是必然的。<sup>[25]</sup> 对智力测试的方法至今仍有争议, 但对正态分布律本身无人怀疑。人群的特征和智力差别服从正态分布这一事实, 引起人类学和社会学家们的关切, 也受到各政府部门的重视: 至少从生物学看来, “人生来就是平等的” 这条公设不成立, 各级政府和社会组织都应适应人群正态分布的需求。

概率论对生物遗传学的决定性贡献已载誉科

学史。奥地利天主教修道院院长 G. J. 孟德尔 (Gregor Johann Mendel, 1822-1884) 于 1865 年做豌豆杂交实验, 应用概率论的基本原理发现了遗传因子 (今称基因) 的存在, 成为现代生物遗传学的奠基人。他用红花豌豆和白花豌豆第一代  $F_1$  杂交, 得到第二代  $F_2$ 。

出乎意料的是第二代全是红花。他推测红花遗传因子  $R$  在  $F_2$  中具有支配作用, 称为显性因子, 而白花遗传因子  $r$  是隐性的, 故在  $F_2$  的因子组合  $Rr$  中红色  $R$  起主导作用。再用  $F_2$  植株杂交成第三代  $F_3$ , 出现了更奇怪的结果: 开白花的占  $1/4$ , 红花占  $3/4$ 。他由此进一步推论,  $F_2$  中虽无开白花的, 但白花遗传因子  $r$  并没有消失也未被红花因子溶掉, 而是独立地向第三代  $F_3$  遗传。孟德尔推断,  $F_3$  植株中的遗传因子  $R$  和  $r$  有 4 种等概率配合,  $RR$ 、 $Rr$ 、 $rR$ 、 $rr$ 。前三种都含有显性因子  $R$ , 故都开红花, 最后一种含  $rr$  只能是白花, 只占  $1/4$ 。后来的杂交实验完满地证实了这个推测, 从而发现了遗传学的基本定律: 决定后代性状的遗传基因一半来自父本, 另一半来自母本; 决定某一性状的“等位基因”有显性和隐性之分, 它们永远不会消失, 而是独立地遗传下去; 父母代遗传基因在某个体身上的配合遵守概率论规则。孟德尔的定律今天成为生物遗传学的理论基础, 对整个生物学产生了深刻的影响。

被誉为“法国的牛顿”的伟大数学家拉普拉斯 (1749—1827) 感叹道: 一门源自赌博的数学游戏居然成了人类科学知识体系中最重要、最重要的学科, 伟哉!

### 复杂性

我们的一切知识源于对客观世界的观察。人类自古囿居于这个偏僻的行星上, 视野有限, 感觉器官能触到的范围狭窄, 50 年前才登上过月球, 近几十年才派飞船去看过太阳系其它行星。凭恃强大的天文望远镜, 天文学家最近“看到了”130 亿光年远处的类星体, 已接近视界的边缘。这视界以外

的宇宙我们可能永远看不到。爱因斯坦的相对论断言宇宙中任何运动不可能达到和超过光速, 人类不可能飞出太阳系。航天专家们质疑这个由数学树立的光障是否是绝对真理? 是否永远不能克服? 无论如何, 到目前为止, 人类只看到了世界的局部, 宇宙的一角。未来的人们必会看得更远, 观达更邃, 知识更多, 探触更广, 今天的观点、理论都将随之变化, 数学也一定会偕其共进, 这是毫无疑问的。爱因斯坦晚年就申明过他的信念: “我们对客观世界的感觉是真实的, 但那是简接的。我们所获得的真实概念永远不可能是最后的, 但能一步一步地接近真理”。他又说, “大家都认为, 当我回忆一生工作时感到坦然和满意。但事实恰恰相反。在我提出的观念中, 没有一个我确信能坚如磐石, 我也没有把握自己总体上是否处于正确的轨道”。

天体物理和宇宙学主流目前都相信“宇宙大爆炸创世说”: 137 亿年前宇宙中发生过一次高温高压超级“大爆炸”, 火球初温高达  $10^{32}K$ 。在这个“初始混沌汤”中, 3 分钟内能量转化成重子、电子、核子和物质。以后 10 亿年中经过膨胀、聚集形成第一代恒星, 再 40 亿年后形成星系。从此诞生了我们生存于其中的这个宇宙。支持这个理论的主要理由有三, 宇宙轻元素 (氢、氦) 丰度与高能物理实验相符, 宇宙微波背景辐射与模型预测一致, 与宇宙星系不断膨胀的天文观测相洽。故宇宙学界今称大爆炸为“标准模型”。人云我们永远不可能证实它的真伪, 只能看成是属于悬理的“假说”。

1998 年 1 月 9 日一个叫做超新星宇宙学国际研究小组 (SCP, Supernova Cosmology Project) 宣布, 运行在 600km 高轨道上目镜 2.4m 的哈勃太空望远镜对超新星的观测数据表明, 我们这个宇宙正在加速膨胀。这个现象又被其它天文观察所支持。这使天文和宇宙学家们感到震惊。自牛顿力学以来, 各种理论都表明我们这个宇宙中约有 1000 亿个星系, 每个星系平均有 1 千亿个恒星, 靠万有引力联在一起, 必然是稳定的, 不可能向外飞散。<sup>[32]</sup>

如果宇宙真的在膨胀,宇宙学和物理学又面临新的挑战,不得不创议新理论,提出新假说来解释这个现象。有人提出,宇宙中可能存在着某种看不见、触不着的暗物质,占有所有物质的23%。还应存在一种“阴能量”,占全部能量的73%,与牛顿引力方向相反,产生斥力,驱宇宙膨胀。太空望远镜比地面天文台看得稍远就引出了这么大的观念变化。如果今后真的找到了暗物质、阴能量,所有的经典力学、位势场论、流体力学和量子力学都要改写!与少数科学家的乐观情绪相反,数学、物理都还没有把握最后的真理。

人类社会现象的复杂性至今不断向社会科学和数学家们叫板挑战。从18世纪至今,试图用数学定量描述政治、法律、民生、伦理等社会现象,从社会统计和调查中寻找规律,建立数学模型,推演定理,指引变革社会方向,各领域收效不等,以社会学成就最佳。其中,英国哲学家边沁创立的“幸福论”就取得了历史性成功。

趋利避害追求幸福是人类本性。墨子(约前479-前381)倡“兼爱互利,摩顶放踵而利天下”,是为大众谋福利的杰出思想家,但他没用数学计算。2000年后,英国哲学家、法学家边沁(Bentham, Jeremy, 1748-1832)创意用数学方法研究为人类社会谋幸福的途径,在《道德和立法原理导论(1789)》一书中创立了“幸福原理”,被称为功利主义(Utilitarianism)之滥觞。他认为追求幸福,减少痛苦,是人类的本能,无需证明的公理,定义了表达幸福和痛苦的函数。幸福由14项组成,如感官的美、足够的财富、资源、劳动技能的习得、适度权力、生命安全等。构成“痛苦”者12项,如仇恨、战乱、贫困、死亡等。属幸福者赋正值,造成痛苦的取负值。另按人们对福祸敏感程度不同而确定权重。加权求和后得到一个线性泛函,求其极大值。边沁按此数学构造得到一系列推论,其中著名的有:能否为大多数人谋求最大幸福是衡量个人和社会组织行为的是非标准;凡有利于幸福泛函取极

大值的行为都是好的,否则应予反对;宗教对人类追求幸福的目标是有害的,因为幸福和痛苦都非源自天国,而全发生在地上人间;政府应由人民民主选举产生,反对特权等。边沁的“幸福原理”公布后,学术界认为,这是一个“卓越的、机智和有创见的义举”。但是,他量化的功利主义量化被认为是“平凡而浅薄的”。例如,为利他或长远利益而忍受痛苦和牺牲的行为在线性泛函中没有表达。集体利益最大化会损害弱势群体,助长对少数族群的歧视,等等。所以“长远幸福”是不能计量的。边沁的“幸福论”终于长期被搁置。

边沁的著作出版200年后世界各国又兴起研究幸福论的热潮。1980年代以来,中国转向以经济建设为中心,实行改革开放,以提高人民生活水平为目标,全面建设小康社会。有曰倡导科学发展观的宗旨正是为最广大人民谋幸福。江苏省江阴市委于2006年提出建设幸福江阴的“五民五好”新论:人人都有好工作,家家有好收入;处处有好环境,天天好心情,人人好身体。在广泛征求意见的基础上,制定了包括26项39个客观量指标和42个主观感觉指标的幸福评价体系,每项都可调可控,大大改进了200年前边沁的方案。建设幸福城市计划全面推动了江阴市的经济发展和城市建设,提高了市民的幸福感。

湖北武汉市领导认为,科学发展观就是人民幸福观,遂设计了一套包括7方面36项指标的民生净福利指标体系,按此对2008年的民生福利进行了评估。河南平顶山等市地以提高人民幸福指数为全面小康的首要指标。网民评曰,居民幸福指数比人均国民生产总值更重要。

美国实验心理学也研究如何提高人们的幸福感,进行过51项人群测试。结论是:人们应该学会感恩,对帮助过你的人或组织应怀有并表达感谢之情;学会乐观,“知足者常乐”;多回忆美好经历,增进满足感;寻找和发挥自己的长处,报效社会;学会帮助别人,济贫救苦。

边沁费了20多年的心血,“通过像数学那般严格探究”,写出了《道德和立法原理导论》一书,于法国大革命高潮中出版,对19世纪以后的社会变革有显著影响。1792年他被法国革命政府选为法国荣誉公民。最大幸福原理被认为是最广泛的仁,最博大的爱,在欧洲各国和美国广泛传播并受到尊重。边沁申明,他的指标体系不是尽善至美的,只欲说明最大幸福原理可用数学计算。

边沁以后,不同时代的革命家和思想家又提出了很多新的公理体系,演绎出不同的理论。法国大革命时期的“自由、平等、博爱”(1789),达尔文的“生存竞争,自然选择”(1859),马克思主义的科学社会主义(1840s),孙中山的三民主义(1905),鲁迅的“生存、温饱、发展”三急务(1925)等,都有各自的公理体系作为前提,演绎出反映时代的主要矛盾和诉求。边沁的《原理》,受冷落200年后在各国受到广泛注意,一版再版,是作者绝未料及的。

经济学是社会科学中运用数学较多的学科。定量研究人类社会生产、交换、分配、消费等经济活动的数理经济学,19-20世纪以来取得举世瞩目的成就,推动了社会的进步和经济发展,不断获得崇高的荣耀。<sup>[41]</sup>然而,20世纪,她未能防止两次世界大战的发生。1970年代搞垮了拉丁美洲。90年代误导俄国陷入“休克”。亚洲和全球经济危机接连发生,坑亿万人民于深渊。这些痛苦教训提示人们,经济学理论仍然是很不完备的,时见怯漏瑕疵,破坏力极强。

系统科学认为,自然界和人类社会有众多复杂系统,如人体、大脑、社会、动植物、地球生态等,都还不能用数学描述其梗概。生物体就是一个复杂系统。人体是由消化、呼吸、循环、运动、神经、内分泌、免疫、生殖等10多个分系统,数十个器官,206块骨骼,10<sup>16</sup>个细胞组成的有机整体。<sup>[44]</sup>每一个器官都是不可分割的组分,相互支撑,相依而存。地球上数百万物种,每一个体都是独立生存的

复杂系统。鲜明的层次和等级结构,各有自己的形态、运动和行为规则,才能保证整体功能的实现。复杂系统都是开放的,在生存的整个过程中不断与外界交换物质、能量和信息,自我调节、生长和复制以繁衍后代。很多科学家猜测,在自然界中应该存在另外的数学定律,主宰着复杂系统的整体性发生、涌现、生长和进步,有待人们去发现。

描述和研究复杂系统对数学是一个新的挑战。目前,对系统“复杂性”或“复杂程度”的估算方法尚没有公认一致的科定义,甚至简单和复杂的分界也是模糊的。或许,已有的数学知识还不足以描述这类对象,需要抽象新概念,建立新理论,发明新方法,创造新工具。20世纪分子生物学、遗传学取得的伟大成就,为研究复杂系统提供了新视野。根据科学原理,自然界和社会中各类复杂系统也必是可以认识和描述的。苟有新规律存在,就一定会被未来的科学发现。

稽考科学史可见,数学是人类观测世界的度规,理性思维的圭范,讲述科学的元语言,构建科技的檣榘,现代文明的要素,人类适应和改造世界的利器。数学发源于对客观世界的观察,经演绎、归纳、抽象和创意等理性思维遂汇成宏伟知识体系。

乾坤沧桑,一切都在变,新问题层出不穷。数学的生命力在于开放、创新和应用,在发展中掣社会共进,在交叉中携各学科齐驱。现惠世之公理、命题和定理、定律,有些会垂范永恒,凡拘于约束而成之狭理,也赍相对真理奉献于科堂。“全知”是溢美,“万能”是苛求。普适和永恒的绝对真理,或曰终极真理,是无尽的长河,永不能完工的殿堂,人生难以企及的超限目标。真理的表述也未必唯一。近山远峦,世事盈亏,横看成岭侧成峰,视角不同,命题主旨各异。波粒二象并存,欧氏与非欧几何共荣,盍不丰采。

(本文原载于《前沿科学》2010年第4期)

# 国家数学与交叉科学中心

## 数学与经济金融交叉研究部简介

数学与经济金融交叉研究部旨在针对我国及世界经济与金融发展的重大科学问题和热点问题，开展系统深入的研究，为国家和社会的发展提供理论、方法和决策支持。近期内的研究重点将集中在建立开放经济背景下复杂经济系统描述的综合模型体系和高性能计算方法，开发宏观经济监测预警政策模拟仿真平台，为国家宏观经济决策提供支撑；建立适应中国国情的财政风险和金融风险度量模型体系、开发纳税评估与税收政策仿真平台、金融系统风险管理系统等，为国家经济和金融安全提供方法和工具；建立我国各大产粮区主要农作物产量预测的动态非线性投入占用产出模型，为国家粮食安全政策选择提供支撑；在资源、环境和社会发展新形势下研究中国人口问题，为国家制定和调整相关政策提供参考和建议。数学与经济金融交叉研究部与中国科学院预测科学研究中心各有侧重相互支持，其目标是成为我国经济金融和社会发展政策研究的重要思想库之一。以下是该研究部近期研究重点：

| 研究重点内容              | 预期目标  | 合作单位                                |
|---------------------|---|-------------------------------------|
| 经济监测、预测、预警与政策模拟仿真研究 | 建立经济运行监测和预警平台，宏观经济政策模拟仿真平台，包括对战略资源预测的综合集成体系 | 中科院地理与资源所<br>中科院政策所<br>中科院研究生院      |
| 重大财政与金融风险<br>管理研究   | 建立纳税评估与税收政策仿真平台、金融系统风险预警和管理决策支持系统           | 中国科技大学<br>国家发改委<br>财政部<br>商务部       |
| 区域农作物产量预测<br>与需求分析  | 对国家农作物产量和需求进行预测，为国家宏观调控提供参考                 | 中国人民银行<br>中国银监会<br>中国政监会            |
| 中国人口问题研究            | 建立中国人口监测和预测模型，为国家制定和调整相关政策提供参考和建议           | 国家税务总局<br>国家统计局<br>国家外汇管理局<br>国家计生委 |