

成果与应用

编者按 近些年来,我院的基础科学研究取得了较大进展,特别是实施知识创新工程试点工作以来,在院、所两个层次凝练和提升科技创新目标,进行了建院以来涉及面最广、意义最为深远的学科布局和组织机构调整,在转换运行机制、凝聚优秀人才等方面做了大量工作,提高了科技竞争力,调动了科技人员的积极性,推动了基础科学研究工作的发展。本刊将分期介绍近年来取得的成果。

中国科学院 基础科学研究成果综述^{*}

关键词 中国科学院,基础科学研究,成果

1 数学

扩充未来光管猜测

数学与系统科学研究院研究员周向宇的研究领域——多复变问题是基础数学的核心与前沿之一。主要成果是关于与群作用有关的多复变问题,特别是证明了扩充未来光管猜测,即扩充未来光管是全纯域。《国际数学评论》杂志称周解决了著名的、有 40 年历史的扩充未来光管猜测。该猜测在前苏联权威《数学百科全书》“量子场论”条目中被列为未解决问题。美国国家科学院院士 Wightman 和前苏联科学院院士 Bogoliubov 的两大学派曾分别提出和研究该猜测。周向宇的这项工作在法国编辑的《二十世纪下半叶数学的发展》一书中被瑞典皇家科学院院士、瑞典数学会理事长引用,并被称为这段时期数学发展的亮点之一。获 1999 年度中国科学院自然科学奖一等奖(获奖名称:多复变与李群),2002 年度陈省身数学奖(中国数学会)。应邀将在 2002 年国际数学家大会上作 45 分钟报告。

非紧对称空间的热核研究

数学与系统科学研究院陆启铿院士的“引用内切超圆坐标及积分变换方法”,可具体构造任一非紧对称空间的热核。总结性文章发表在 Birkhauser 出版的 *Progress in Math.* (2000 年 185 卷 283—424 页)。其中最简单的情形(超球情形),*Math. Review* 就认为是重要的、有用的结果。共形空间的爱因斯坦-杨振宁-米尔斯方程的精确解,是一组非线性的联立微分方程。用华罗庚典型域的方法,得出一大范围的具有最大对称性的解。丘成桐教授认为是解放后中国数学的最好论文之一。

素数理论研究

数学与系统科学研究院研究员贾朝华近几年在素数理论方面做出了重要成果。素数理论在数论中占有中心位置,整数的最大素因子问题是素数理论中的重要课题之一。令 $P(x)$ 为小区间 $(x, x + x^{1/2+\varepsilon})$ 中整数的最大素因子,这里 ε 为任意小的正常数。在黎曼猜想下,可以证明 $P(x) > x$,由此推出在此小区间中必有一个素数。贾朝华和 D. R. Heath Brown 合作,较大幅度地改进了先前的工作,证明了 $P(x) > x^{17/18}$ 。用有理数逼近无理数是数学中的一个基本问题,解析数论对有理数的分母为素数的情形特别感兴趣,这就是 ap 模

^{*} 收稿日期:2002 年 4 月 25 日

1 分布问题, 华罗庚《指数和估计及其在数论中的应用》一书中将它列为重要问题之一。

共轭辛研究

数学与系统科学研究院研究员唐贻法在国际上首先使用“Symplecticity”一词, 提出“共轭辛”的概念, 并证明任何线性多步格式非辛, 任何共轭辛的线性多步格式不会超过 2 阶精度。该工作获得了国际同行的好评。

子图覆盖及边变换理论研究

数学与系统科学研究院研究员范更华在子图覆盖及边变换理论方面做出了有国际影响的工作。论文发表在该领域国际最权威刊物《组合论杂志 B 辑》, 审稿人评价为“创建了一种非常强有力的方法”。该理论成功解决了图论领域中一个基础性猜想。证明了任何 n 顶点的连通图是 $\lfloor n/2 \rfloor$ 条路的并。将一个图作为子图的并是图论领域最具基础性、前沿性的难题。著名四色问题的一个等价形式是: 任何 2 边连通平面图是两个偶图之并。Lovasz 的一个著名结果是: n 顶点图是 $\lfloor n/2 \rfloor$ 条边不交的路和圈的并。

运筹学优化理论和应用研究

数学与系统科学研究院研究员章祥荪和崔晋川在运筹学优化理论和应用方面做出了一系列有显示度的工作, 一些工作获得国际同行的高度评价。“资源与环境信息系统重要软件研制”获 1992 年度中国科学院科技进步奖三等奖; “国家经济信息系统建设项目评价系统”获 1994 年度中国科学院科技进步奖二等奖; “国家空间信息基础设施关键技术研究”获 2001 年度中国高校科学技术奖二等奖; “项目综合数学方法在重大投资项目中的应用”获 2001 年度中国运筹学会企业运筹学应用奖。

变分法和 Morse 理论研究

数学与系统科学研究院研究员李树杰在变分法和 Morse 理论方面做出了重要成果, 创建了一种失去 (PS) 紧性条件的 Morse 理论(从局部到大范围), 赢得国际同行的高度评价。应用背景是数学物理中已有理论无法处理的强共振的问题。建立局部环绕理论, 把 Minimax 理论的整体条件减为局部条件, 引发了国内外的一批后续工作。把 Minimax 理论同序结构结合, 在序意义下给出临界点的确切位置。

具阻尼机制的拟线性双曲组研究

数学与系统科学研究院研究员肖玲及其合作者的重要成果“具阻尼机制的拟线性双曲组”, 研究阻尼机制对解的大时间性态的影响, 揭示了阻尼的非线性扩散作用, 发现和建立了非线性双曲型方程组与相应非线性扩散系统之间的渐近等价性, 开创了新的研究方向, 带动了国际上一批后续工作, 被国内外同行广泛引用和推广。

向量优化中的变分模型与集值分析

数学与系统科学研究院研究员陈光亚与汪寿阳两位研究员共同完成的“向量优化中的变分模型与集值分析”在国际上首次建立了变动偏序下的向量变分不等式和向量互补问题的数学模型, 证明了解的存在性。获 2001 年度中国科学院自然科学奖一等奖。(详见本刊 2001 年第 6 期)

变函数的几何理论研究

中国科学技术大学教授龚升和数学与系统科学研究院研究员余其煌、王世坤等人在多复变函数的几何理论方面创立了中国学派, 在世界赢得了荣誉。“多复变几何函数论”将 Schwarz 导数推广到 Kahler 流形和高维矩阵空间上去, 得到了系统的理论结果, 证明了单射定理, 用 Schwarz 导数刻画了四类典型域的对偶空间的自同构群。这一方向的研究不仅推广了单复变数的一些经典结果, 而且指出了单复变数与多复变数之间的本质差别, 丰富了多复变数的理论宝库。获 2000 年度中国科学院自然科学奖一等奖。

线性统计模型的大样本理论研究

中国科学院研究生院陈希孺院士和中国科学技术大学教授赵林城在线性统计模型的大样本理论方面做出了重要成果: 线性统计模型大样本理论的研究, 获 1998 年度中国科学院自然科学奖一等奖。

量子群的现代理论

数学与系统科学研究院研究员席南华证明了 (a) 除有限个例外, Deligne-Langlands 关于仿射 Hecke 代数的不可约表示的猜想在单位根处亦成立; (b) 对某些单位根, 该猜想需修改。给出了单位根处量子群有限维不可约表示的一个清楚具体的实现, 该实现对理解这些困难的不可约表示很有帮助。对仿射 A 型, 证明了 Lusztig 关于仿射 Weyl 群的双边胞腔的基环结构的猜想。获 1995 年度中国科学院青年科学家奖一等奖; 2001 年获晨兴数学银奖。

2 力学

高精度差分格式及复杂流动的数值模拟

力学研究所研究员傅德薰等完成的“高精度差分格式及复杂流动的数值模拟”构造了求解可压缩 Navier-Stokes 方程的高精度差分方法, 给出了可压流动现象中从失稳到拟序结构的形成、转换直到湍流的演化全过程, 并预示了转换过程中非对称拟序结构的新现象; 用高精度格式与谱方法结合的高效算法模拟了可压槽道湍流, 建立了数据库。获 2000 年度中国科学院自然科学奖二等奖。

多层流空间科学实验

力学研究所胡文瑞院士等完成的“多层流空间科学实验”在国际上首次采用实验介质固/液相发射, 在空间溶化为液/液相, 形成不相混合的两相液层, 成功解决了界面保护难题; 实验验证了界面热毛细力驱动对流的理论模型, 观测到固体石蜡在微重力环境中的纯导热溶化过程等一些新的现象, 提出了新的流体物理模型。获 2001 年度中国科学院科技进步奖二等奖。

藉热分离器降低总温的低温风洞

力学研究所俞鸿儒院士完成的“藉热分离器降低总温的低温风洞”提出了一种将压缩空气直接降温的新方法, 利用低温排气预冷压缩空气, 再通过热分离器进一步降低温度作低温风洞气源, 从而提高能量利用效率, 为国防科技实验所需的风洞建造开辟了新途径。获 1999 年度中国科学院技术发明奖一等奖。

高温涡轮气冷叶片传热及瞬态实验技术研究

力学研究所研究员李静美等完成的“高温涡轮气冷叶片传热及瞬态实验技术研究”, 发展了用激波管驱动的涡轮平面叶栅风洞和与之配套的实验测量技术, 可用于涡轮叶片压力分布、热流率分布、密度场、来流湍流度等参数的测量。获 1998 年度国家科技进步奖三等奖。

涸 11-4 平台结构强度全尺度原位检测研究

力学研究所研究员柳春图等完成的“涸 11-4 平台结构强度全尺度原位检测研究”对海洋石油钻井平台结构和环境条件进行了原位监测与分析, 确定了平台结构的受力情况与规律, 为平台结构强度的设计与评估提供了依据。该项研究在监测技术方面具有独到之处, 在规模与范围方面优于国际上的同类工作。获 1999 年度国家科技进步奖三等奖。

燃烧气脉冲除灰技术研究

力学研究所吴承康院士等完成的“燃烧气脉冲除灰技术研究”采用可燃气体快速燃烧、产生燃气脉冲清除积灰的原理, 发展了新一代除灰技术和装置。这种除灰方法在提高锅炉运行稳定性、提高锅炉效率等方面优于现有的蒸汽吹灰技术。该技术达到国际先进水平, 并已进行成果转化和工业应用。获 1998 年度中国科学院科技进步奖一等奖。

3 天文学

利用引力透镜效应研究宇宙中的物质分布

研究引力透镜效应, 可以探测宇宙中的物质特别是暗物质的分布、成分、比重和演化, 并可有效测定宇宙的基本参数。国家天文台“宇宙暗物质分布和演化”研究团组在该前沿领域做出了一系列有显示度的工作:

探测宇宙小尺度上的致密暗天体; 探测星系的质量分布; 光弧与星系团的引力透镜统计; 大尺度物质涨落对宇宙微波背景辐射(CBR)的影响; 成功解释银河系暗物质寻找实验的成因; 系统研究引力透镜成协现象; 预言并证实星系团与背景光源之大尺度成协现象; 哈勃常数 H_0 与局部物质分布的关系; 建立联合确定星系团质量的新体系。在国际一级刊物发表论文 40 篇, 英文评著 1 部, 论文被国际同行引用 300 余次。获 2000 年度国家自然科学奖二等奖。

行星际扰动传播研究

该项目总体思路是在太阳-行星际-地球链上进行相互有机联系的综合研究。提出了有关日冕环境、源表面结构、电流片、正、负磁云、行星际磁重联等五方面新的科学思想; 发展和建立了从磁场计算、资料分析、数值模拟、物理解定性分析到预报方法等八项比较系统的新的研究方法。导致了发现激波扰动将向低纬日冕电流片偏转, 电流片的存在会引起行星际扰动的偏转、会聚及阻碍激波传播等行星际扰动传播的基本特点和规律, 以及不同磁云结构引起不同空间环境变化发生等重要的原创性发现。国家天文台参加人员在该项目中的主要贡献是首次将边界元法引进太阳磁场计算, 建立了有限能量半空间太阳磁场算法。获 2001 年度中国科学院自然科学奖一等奖。

90—115GHz SIS 超导接收机

超导结技术用于低噪声、高灵敏度接收, 是国际上十分重视的热点之一。该设备研制成功大大改善了我国毫米波射电天文的观测手段。核心技术是包含 SIS 超导结设计加工技术在内的 SIS 超导混频技术、4K 制冷技术、金属杜瓦、真空技术以及准光学馈电技术。90—115GHz 超导接收机系统主要由 4K 低温制冷系统、超导 SIS 接收机本体和准光学系统组成。SIS 超导接收机使望远镜系统灵敏度提高了 4—6 倍。该系统主要性能指标达到国际先进水平, 由国家天文台“毫米波和亚毫米技术实验室”完成。获 2001 年度江苏省科技进步奖一等奖。

13.7 米毫米波射电望远镜

该研究工作包括在青海建立观测站; 研制口径 13.7 米的毫米波射电望远镜; 掌握观测和资料处理方法, 投入运行对外开放。该望远镜由天线、接收机和计算机等系统构成, 工作波段是 22 和 80—115GHz, 主要用于接收宇宙分子谱线信号。研制工作具有综合应用多种高新技术特点和系统复杂、研制规模与难度大的特点, 以赶超国际先进水平为目标、采用国外先进技术、独立研制的方针。研制中攻克精密天线、高精度指向和跟踪、低噪声毫米波接收、数控毫米波锁相、声光式声表面波式和多通道滤波器组式瞬时测频以及计算机自动控制、数据采集和处理等高新技术, 达到国际同类设备先进水平。获 1999 年度国家科技进步奖二等奖。

白天卫星激光测距系统的建立

国际卫星激光测距界将实现白天观测作为衡量一个测站先进程度的一项主要指标。国家天文台“卫星激光测距技术于应用”团组克服白天天空背景噪声的影响太大、对卫星预报和机架指向要求高等技术难点, 先后对原有 SLR 系统作了系统性更新改造, 最终使上海站成为国内惟一实现白天测距的台站, 该技术近期将在国内推广。获 1999 年度国家科技进步奖三等奖。

上海站的观测资料已被国际上 10 多个资料分析中心采用, 中国科学院天文地球动力学联合研究中心也采用了这些资料。这些分析中心利用全球 SLR 观测数据进行广泛的科学研究, 包括快速解算地球自转参数、测定台站坐标及其位移、测量地球质心变化、研究地球引力场及其变化等。此外, 白天 SLR 技术能为国防和国内航天部门低轨卫星提供精密定轨服务。 (待续)

(中国科学院基础科学局 提供)