

* 成果与应用 *

中国科学院 1997 年度 国家自然科学奖一等奖及二等奖项目简介

关键词 中国科学院, 国家自然科学奖

经国家科委核准, 1997 年国家自然科学奖授奖项目为 51 项。其中一等奖 1 项, 二等奖 8 项, 三等奖 30 项, 四等奖 12 项。现将我院获一等奖及二等奖项目简介如下:

一等奖(1 项)

哈密尔顿系统的辛几何算法

第一完成人 **冯 康**

经典力学有三种等价的数学形式体系: 牛顿、拉格朗日和哈密尔顿体系, 其中哈密尔顿体系具有突出的对称形式。运动的规律性在哈氏形式下表现得最明显, 而且哈氏形式有远比牛顿形式更大的普遍性。一切耗散可忽略不计的真实的物理过程, 包括经典性的、量子性的、相对论性的、有限和无限自由度的, 都能表达成哈氏体系。哈氏体系的数学基础是辛几何。冯康于 1984 年提出哈密尔顿系统的辛几何算法, 开创了计算物理、计算力学与计算数学之间的一个相互结合、相互渗透的前沿领域。

该项目研究内容与特点是:

(1) 提出了基于辛几何算法的哈密尔顿算法的完整的理论框架, 在国际上最早系统地研究并建立辛几何算法。

(2) 根据辛几何原理系统地提出了用生成函数来构造为数众多的任意阶精度的辛算法。

(3) 在发展辛算法的同时, 系统地发展了生成函数与哈密尔顿-雅可比方程的理论, 在分式达布变换框架下构造了为数众多的生成函数类型与相应的哈密尔顿-雅可比方程。

在 1990 年获中科院自然科学奖一等奖以来, 该项目把哈密尔顿保辛结构算法推广到一般动力系统中, 工作有了质的飞跃。主要表现在:

(1) 提出了由动力系统向量场决定相流形式幂级数的理论, 应用该理论来研究算法定性定量的性质, 使动力系统及其数值方法在该理论框架下得到了统一。

(2) 提出了保持动力系统结构的算法, 指出了保结构算法的重要性, 实现了动力系统算法的几何化。保结构算法具体内容为:

① 保哈密尔顿体系结构的辛算法;

② 无源系统的保体积算法;

③ 切触系统的切触算法;

④ 量子系统的酉算法。

(3) 在算法的构造上, 利用生成函数构造任意阶精度的保结构算法, 发展了一套利用组合格式达到高精度

保结构的乘积外推方法。

传统算法几乎都不是辛算法(保结构算法),它们都不可避免地带有耗散性等歪曲体系特征的缺陷。该项目建立了为数众多的非传统的算法原则(辛算法、切触算法、保体积算法、酉算法)。它们具有特征保持的优点,特别在稳定性和长期跟踪能力上有独特的优越性。动力系统的这些新算法将在空间结构、对称性和守恒性方面优于传统算法。

大量的数值实验令人信服地表明:辛算法在天体力学、弹性力学、大气、海洋计算、微观分子动力学计算中显示出越来越重要的作用。

二等奖(4 项)

1 元素同位素质谱测定新方法及其应用研究

第一完成人 肖应凯

该项目属同位素化学和同位素地球化学。中国科学院青海盐湖研究所经过近 20 年的研究,取得了一系列成果,包括同位素质谱测定方法及其应用两大部分。

同位素质谱测定方法方面:

(1)在世界上首次发现了石墨的非还原热离子发射特性,利用这种特性建立了高精度热电离质谱测定硼、氯和溴同位素的新方法,其测定精度及方法的总体水平均处于世界领先地位,特别是氯、溴同位素的测定方法富有创造性。

(2)建立了高精度锂、铷和铯同位素测定方法,这些方法也都处于世界先进水平,为这些元素原子量的测定提供了可靠数据。

同位素质谱应用研究主要有:

(1)锂、铷、铯和铯原子量测定,其中铷原子量的测定结果已于 1991 年被国际原子量及同位素丰度委员会确定为新的国际原子量标准。

(2)通过对盐湖中硼、锂和氯等同位素地球化学研究,揭示了盐湖中硼、锂和氯的沉积循环过程及同位素的分布规律。初步探明了这三种元素在盐湖蒸发和沉积过程中同位素分馏机理,建立了新的盐湖卤水中氯同位素分馏模式,进行了盐湖沉积物中氯、硼同位素变化示踪盐湖演化及青藏高原气候环境变迁方面的探索性研究。

硼、锂、氯等作为盐湖的成盐元素,在盐湖的形成演化中扮演着重要角色,对这些元素同位素化学及地球化学的研究将有助于更深揭示盐湖演化、物质来源以及青藏高原气候环境的变迁,推动盐湖科学研究向更深层次发展。

2 视觉复杂图象信息的传递和图象特征整合

第一完成人 李朝义

该项目属神经生物学领域。

(1)确定了在视觉系统各级神经元(视网膜、外膝体和视皮层)的感受野外面,都存在着一个面积比感受野大数十倍的感受野外区。对这个大区域的结构和功能进行了系统研究,提出感受野具有“三重结构”。在此基础上建立了感受野数学模型,它具有其它模型所不具备的图象自适应功能。这些研究结果已被国外科学家用来解释人脑对图形的反应,被国外应用于神经网络和人工智能研究。本项研究在感受野外区域结构和功能研究方面居国际领先,其理论意义获得了国外科学家的高度评价。

(2)首次揭示视觉神经元能根据图象局部的空间特征(图象内涵)和时间特征(运动速度),自动地调节其感受野的时-空滤波参数。这种自适应特性对于复杂图象信息的传递和处理具有重要意义,被国外学者引用作为支持“皮层—外膝体反馈”理论的实验证据。

(3)首次报道视皮层简单细胞的非线性特性,它有别于认为简单细胞是线性运算器的传统观点。有关结果被包括《Science》在内的 8 种重要国际刊物上的文章所引用。

3 小麦花粉无性系变异机制与配子类型的重组与表达规律

第一完成人 胡 含

该项目属于遗传学的应用基础研究。在系统分析花粉植株的形态性状及遗传组成的基础上,在国际上首次提出了花粉无性系变异普遍性的观点,并进一步证明花药培养前的异常减数分裂和花药培养中的异常有丝分裂是产生变异的主要原因。这是国内外首次提出并证实了花粉无性系变异的机制及规律,丰富了小麦遗传学的基础理论,开辟了单倍体育种研究的新领域。

利用小麦远缘杂种的花粉植株研究了不同类型配子的传递与表达规律。发现不同染色体数目的配子类型在花粉植株群体中的比例符合理论分布,从而证明花药培养不存在配子选择,配子基因型能够充分表达。这为利用花药培养技术结合染色体工程方法快速高效地导入异源有用基因提供了理论依据。

依据上述原理和规律建立了染色体组水平和单个染色体水平的两种染色体工程体系。据此,有目的、有计划地将异源染色体引入小麦,创制了一批易位系、代换系和附加系等小麦新种质,充分体现了该体系快速高效的特点,并应用综合鉴定技术对新种质的遗传组成进行了准确鉴定,对抗白粉病等重要农艺性状的基因进行了染色体定位和分子标记,为进一步分离和克隆这些基因奠定了基础。

20 年来,项目完成者已发表论文 110 篇,主编专著 3 本,得到国内外同行专家的好评,并被广泛引用。

4 几何定理机器证明理论与算法的新进展

第一完成人 张景中

(1)创立计算机生成几何定理可读证明的原理与算法

用计算机产生几何定理的可读证明(即人容易理解和检验的证明),是人工智能领域的一大难题。该项目研究人员提出以消点思想为主线的新原理,给出了世界上第一个能够自动产生几何定理可读证明的算法和程序,不仅给出的证明简短可读,效率也比已知其它算法高得多,随即将消点思想运用于非欧几何,给出世界上第一个非欧几何可读证明自动生成程序,从而开创了靠计算机通用程序成批发现非平凡新定理的先例。这一成果使得机器证明的研究从以判定为主的阶段进入机器产生的证明与人的手工证明竞相媲美的阶段。

(2)创立定理机器证明的数值并行方法的原理与算法

该项目研究人员提出了对给定的命题通过有限次数值检验加以严格证明的有效算法。在国际上首次实现了用低档微机证明非平凡几何定理以及发现新定理,该算法也是目前唯一可并行的几何定理机器证明算法。

(3)对几何定理机器证明的算法的改进与发展

创建“含参结式法”、“WR 分解”、“WRSOLVE”、“聚筛法”等有效算法;建立了文字系数多项式的完全判别系统,为不等式的快速证明提供了有力工具。

(计划财务局成果处供稿)