

国家自然科学基金重点项目

简介

2004

国家自然科学基金委员会



科学出版社

www.sciencep.com

国家自然科学基金重点项目 简 介

2004

国家自然科学基金委员会

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

国家自然科学基金重点项目与重大项目 and 面上项目一起,构成了国家自然科学基金资助的三个层次。

国家自然科学基金重点项目是国家自然科学基金资助项目的重要类型。国家自然科学基金委员会委托科学出版社自 1993 年起安排出版《国家自然科学基金重点项目简介》系列书。

本书概要地介绍了国家自然科学基金委员会 2003 年批准、2004 年开始实施的重点项目 249 项,其中包括:数理科学 32 项、化学科学 30 项、生命科学 68 项、地球科学 55 项、工程与材料科学 43 项、信息科学 17 项、管理科学 4 项。书中着重介绍了这些项目的意义、当前国内外研究概况、研究内容、研究目标及资助经费等情况。

本书介绍的重点项目反映了当前的前沿课题和研究热点,可供科研单位和高等院校的广大科技人员、科技管理人员及有关师生参考,也可供各级政府部门和有关企事业单位的领导干部和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

国家自然科学基金重点项目简介. 2004/国家自然科学基金委员会编. —北京:科学出版社, 2007. 7

ISBN 978-7-03-017128-3

I. 国… II. 国… III. 自然科学-科研项目-简介-中国-2004 IV. N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 033293 号

责任编辑:李 锋 张 析 顾英利 / 责任校对:张怡君

责任印制:赵德静 / 封面设计:王 浩

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 7 月第一次印刷 印张:33

印数:1—2 300 字数:762 000

定价:95.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈明辉〉)

前言

国家自然科学基金重点项目是国家自然科学基金资助的重要项目类型,重点支持和推动那些属于当代活跃的科学前沿、对开拓新兴科学技术领域和发展高技术起关键作用、对科技进步以及经济和社会发展有重要指导作用及影响的一些重点研究领域和优先发展领域。

自1986年国家自然科学基金委员会成立起就列有重点项目这一项目类型。“七五”期间,有少数面上项目被确定为重点项目,并对其进行重点跟踪管理。1989年,国家自然科学基金委员会根据科学发展需要和适应基础性研究的特点、规律,确定强化对学科发展重点及优先发展领域的资助工作,完善了科学基金面上项目、重点项目和重大项目三个层次的资助格局。专门制定了适应重点项目组织工作需要的立项、评审、管理办法,把强化重点项目层次作为“八五”期间的重点工作之一。“八五”期间国家自然科学基金委员会划拨1.73亿元,择优资助了300个重点项目,平均资助强度为58万元/项,在《国家自然科学基金重点项目简介》(一)、(二)、(三)中曾将这些项目的研究内容与目标向读者作了介绍。经过“八五”期间的实施,承担项目的9千多科技工作者经努力、拼搏,取得了丰硕的研究成果,显现出重点项目层次在科学前沿突破、解决关键科学技术问题、发展优先领域等方面的重要作用。“九五”期间,重点项目的资助规模和资助强度比“八五”期间有较大幅度增加,投入5.39亿元,共资助重点项目629项,平均资助强度达到86万元/项;立项条件更加突出瞄准国家目标、把握世界科学前沿,加强了优先发展领域研究对立项工作的指导作用;加强了对学科交叉重点项目的资助工作,专门划拨经费,对创新性强、带动性大、交叉度高的研究领域给予重点支持;选题更加重视为未来经济和社会发展提供动力和成果储备的研究领域,因而更多地吸引了国家有关部门和企业界投入联合资助,匹配经费约五千多万元;加强贯彻“有限目标、有限规模、重点突出、队伍精干”的原则,较好地解决了以“小重大”形式组织项目的问题。项目组研究人员平均数由“八五”期间的30余人减少到约20人。在“九五”期间本系列书开始改用年份标示序列,已出版了《国家自然科学基金重点项目简介1998》、《国家自然科学基金重点项目简介1999》、《国家自然科学基金重点项目简介2000》。

“十五”期间,更加加强重点项目的支持力度,同时强调对学科交叉项目的支持。共投入约17亿多元,资助项目1129项,平均资助达到约150万元/项,比“九五”期间有大幅度增加。其中2003年批准资助255项(2004年开始启动执行),资助经费36573万元。本书是2004年国家自然科学基金重点项目简介,书中逐项介绍2004年开始执行的其中249个重点项目的研究内容及预期目标。读者可以从了解我国基础性研究在某些重要研究领域的发展趋势、研究的问题及研究能力与水平,也可以了解国家自然科学基金委员会对于重点项目资助的概况和意图。这对于增加重点项目资助工作的透明度,征集意见,不断改进和完善组织实施工作都是十分有益的。出版重点项目简介,还希望能加强基础

性研究及科学基金工作与全社会的沟通,使广大科技工作者在科学前沿路的攀登、奉献精神 and 为国家未来经济和社会发展所做的拼搏、努力能被人们更深入地了解,得到政府各级决策部门和有关方面更多的理解和支持。

本书中所列项目的简介文稿由项目组提供,计划局项目与成果管理处会同各有关科学部根据项目研究计划书对文稿进行了补充和修改,统一了体例。由于本书篇幅有限,每个项目以黑体字列出项目第一负责人,未列出承担研究工作的全部人员名单,特此说明。对本书内容和编辑工作中的不足之处,欢迎读者指正。

国家自然科学基金委员会

计 划 局

2007 年 5 月

目 录

前 言

一、数 理 科 学

组合矩阵论的研究	(3)
代数学中的组合方法	(5)
超轻质结构设计新理论	(7)
纳米材料和器件的力学建模、原型和实验研究	(9)
非线性随机动力学与控制的哈密顿理论体系及其应用	(10)
鱼类机动运动的特征和机理研究	(12)
自然环境中的多组分、多相复杂流动研究	(14)
细胞力学行为及其相关生物大分子作用规律的研究	(16)
空间高分辨率极紫外成像方法研究	(18)
星系演化及活动性的半解析和 VLBI 研究	(20)
日冕爆发中的射电信号与等离子体过程	(22)
太阳耀斑高能及动力学过程的观测与研究	(25)
依巴谷参考系的扩充和应用	(27)
近邻星系的多波段观测研究	(29)
量子相干系综的光学性质	(31)
软凝聚态物质研究	(33)
磁性半导体、半金属及其异质结构的生长制备和自旋相关现象的研究	(35)
半导体和半导体纳米结构中的超快光学过程研究	(37)
超冷原子和玻色 - 爱因斯坦凝聚物理性质的研究	(39)
准一维纳米功能材料	(41)
磁、铁电、超导异质结构的物理研究	(43)
凝聚态物质中量子相干行为的研究	(45)
掺杂 Mott 绝缘体中自旋 - 电荷 - 轨道耦合与奇异电子态研究	(47)
软凝聚态物质研究	(49)
皮秒超强激光的并束技术及其与物质相互作用的研究	(51)
时空斑图和时空混沌系统的研究	(53)
惯性约束核聚变“快点火”方案中关键物理问题理论研究	(55)
激光加速器新原理的开拓研究	(57)
低温等离子体辅助制备纳电子器件单元机理的研究	(59)
加速器射线束治疗癌症中的若干重要物理问题的研究	(61)
托卡马克芯区等离子体湍流诊断发展研究	(63)

基于单分子操纵的新一代测序策略原理的基础研究	(65)
------------------------------	------

二、化 学 科 学

无机材料主-客体组装化学与物理	(69)
金属离子对某些重要生命过程的调控作用研究	(71)
过渡金属化合物的合成及其特殊性质的研究	(73)
以 RNA 为靶的药物研究	(75)
内源性自由基若干与生命科学相关的物理有机化学问题	(77)
环境友好介质中有机反应的研究	(79)
分子间相互作用及分子聚集体中的化学反应	(81)
导向有机合成的杂原子化学	(83)
过渡金属催化的含碳化学键的活化和反应性控制	(85)
生物大分子特征识别技术的基础研究	(87)
含重元素复杂大分子体系的理论与计算化学研究	(89)
根据含硫和含氮化合物的本征反应特性构建高效脱硫和脱氮催化反应体系	(91)
全固态化学电源的基础研究——超薄打印锂离子电池研究	(93)
大气污染瞬变物种的理论和实验研究	(95)
显示用 TFT 液晶合成过程中的新型催化剂及绿色合成路线	(97)
新型簇合物的设计合成、结构调控及其性能的研究	(99)
光电子功能材料中的几个基本光化学问题	(101)
高分子纳米图案化	(103)
新型高分子材料聚羟基脂肪酸酯的微生物合成和应用研究	(104)
配位聚合反应新方法研究——烯烃的共聚合和功能化反应	(106)
内源性激素类兴奋剂分析检测新方法的研究	(108)
肿瘤预警标志物及相关生化信息的分析化学基础研究	(110)
卟啉类化合物在微界面上的过程电化学基础	(112)
癌症早期诊断标志物的实时分析	(113)
新型生物催化剂的研制及应用基础研究	(115)
新型气体吸附材料和吸附过程基础研究	(117)
工业废水处理中的化工新技术与新方法研究	(119)
化工复杂过程的多尺度模拟分析与控制	(121)
环境中典型污染物生物的生态化学过程及修复原理	(123)
控制水中持久性有毒污染物的新技术原理及其生态毒理学评价方法	(125)

三、生 命 科 学

白色念珠菌的致病机理及其与宿主细胞的相互作用	(129)
极端环境下耐辐射球菌的适应机理及 DNA 修复和抗逆性新基因的发现	(131)
蓝藻在寒冷条件下生存适应的遗传学基础	(133)

高等植物株型形成的分子调控机理	(135)
中国珍稀濒危雉类遗传亲缘度及其扩散模式研究	(137)
小鼠胚胎着床特异性基因的筛选、克隆及功能分析	(139)
棉铃虫蜕皮级联反应功能基因表达研究	(141)
南极鱼类的功能基因组研究	(143)
基于形态、行为和基因的榕小蜂物种身份识别及协同进化研究	(144)
昆虫与植物的协同进化:铃夜蛾和跳甲与寄主的互作机制	(146)
飞蝗对低温胁迫的适应性机理研究	(148)
内蒙古典型草原受损生态系统恢复演替机理研究	(150)
西部高原植物克隆生活史的适应进化	(152)
小水电群对河流生态系统的破坏及恢复机制的研究——以香溪河为例	(154)
草原生态系统中生源要素的计量化学关系及其耦合机理	(156)
冷冻电子显微学研究“膜蛋白-膜蛋白”及“蛋白-膜脂”的相互作用	(158)
RNA 折叠机制的研究	(160)
哺乳动物细胞氨基酰 tRNA 合成酶的研究	(162)
GluR6 · PSD-95 · MLKs 信号模块介导脑中 JNK 通路的激活和调控及作用	(165)
细胞核膜重建(装配)的机理研究及核膜蛋白质组学	(167)
神经元离子通道——动作电位与量子化分泌的关系研究	(169)
应用生物材料系统修复脊髓损伤的机理及应用研究	(171)
不同类型慢性痛(炎症痛、神经病理痛和癌症痛)的外周和脊髓机制	(173)
离子通道功能异常在缺血性脑损伤中的作用及其机理	(175)
动脉粥样硬化炎症免疫发病中氧化还原调控的细胞保护信号转导机制	(177)
炎症反应中巨噬细胞激活诱导死亡的机理研究	(179)
胃肠多肽在炎症细胞内源性保护机制中的作用	(180)
HSF1 及 HSPs 对全身炎症反应综合征的影响及其机制	(182)
心房颤动致病基因 <i>KCNQ1</i> S1 区功能研究	(184)
尿毒症加速动脉粥样硬化的新机制:糖氧化终产物-受体活化学说	(186)
植物配子体形成过程中减数分裂、细胞极性与细胞命运决定的分子机理	(188)
p58 ^{PITSLRE} 激酶与 cyclin D3 相互作用生理意义的研究	(190)
与细胞运动性相关的 Nudel/Lis1/dynein 通路的组分、功能及调节	(192)
新抑癌基因 <i>HCCS1</i> 功能及作用机理的研究	(194)
植物细胞凋亡和细胞程序化死亡的分子机理	(196)
水稻优质性状的遗传基础研究	(198)
提高小麦个体与群体光合效率及光合产物优化分配	(200)
甘蓝型油菜优质高效黄籽性状的遗传基础研究	(202)
果实碳水化合物库强调节的细胞与分子机制	(204)
蛋鸡与肉鸡骨骼肌生长发育差异的分子遗传学基础	(205)
猪脂肪和肌细胞发育或分化阶段比较转录谱和差异表达基因的结构与功能研究	(208)

鸡群中免疫抑制性病毒多重感染及其与宿主的相互作用	(209)
家蚕性别调控分子机制和应用基础研究	(211)
对虾天然免疫的分子基础研究	(213)
四倍体、三倍体鱼的遗传改良	(215)
被害松树 - 马尾松毛虫 - 天敌的营养与信息联系及调控机理	(217)
持续控制松墨天牛的新途径——化学信息与病原真菌的联合使用研究	(219)
应用转基因小鼠研究天然抗角蛋白自身抗体产生的细胞与分子机制	(221)
髓质型胸腺细胞功能发育特点及诱导其发育的细胞与分子机理	(223)
FADD 突变小鼠免疫细胞的基因表达谱和蛋白质谱及其生物学功能	(225)
人髓系树突状细胞分化发育中共刺激分子表达及其调节网络的作用和机制	(227)
Notch 信号途径在淋巴细胞分化中的作用及其机理的研究	(229)
利用基因/蛋白质表达谱构建鼻咽癌发病机制的研究网络	(232)
仿真三维成型支架和组织工程技术重建股骨头坏死区的实验研究	(234)
口腔鳞状细胞癌诊治靶点基因的筛选和功能研究	(236)
耐药基因转染造血干细胞抗化疗毒副作用及机理研究	(238)
凋亡相关的病毒疗法靶向性溶癌的分子机理和临床前研究	(240)
恶性骨肿瘤个体化综合治疗的应用基础研究	(242)
乙酰化修饰对热休克蛋白 90 功能的影响及其在抗肿瘤治疗中的重要意义	(245)
新型双功能融合蛋白分子的抗肿瘤作用及其机理	(247)
多囊肾病治疗药物 CZ-SIMM-001 的作用机制研究	(249)
恢复受损的 ABR 功能——心血管疾病防治的新策略	(251)
靶向 DNA 疫苗激发黏膜免疫反应机制研究	(253)
抗肿瘤新药沙尔威辛分子作用机制的深入研究	(255)
新型抗乙型肝炎病毒药物的作用机理研究	(257)
抗肿瘤糖类药物的发现及机制研究	(259)
益气化瘀补肾方及拆方治疗退变性颈椎病及其继发脊髓、神经根损害的研究	(261)
黄芪当归合剂防治肾脏纤维化的有效物质与分子机理研究	(263)

四、地 球 科 学

黄土高原风尘来源、沉积和风化过程的地球化学研究	(267)
南海中更新世气候转型期千年尺度气候波动及其全球意义	(269)
鹤庆湖泊深钻揭示的西南季风演化过程与植物多样性变迁	(271)
台湾海峡上升流区浮游植物对海洋环境年际变动的响应	(273)
过渡族元素同位素分异理论体系及其在全球环境变化研究中的应用	(275)
青藏高原环境变化与特征时段陆面过程响应研究	(278)
珠江河口的“门”及其在三角洲末次海进以来的演进中的作用和数值模拟研究	(280)
森林景观与群落对气候变化的多尺度反应	(282)

华南沿海晚新生代多旋回火山岩-红土系列的环境事件记录及特征时段气候

环境效应	(284)
东亚夏季风与我国东部夏季降水年代际变化的诊断与模拟研究	(286)
东亚大陆孢粉散布空间格局及末次冰期以来典型植被带对气候变化的响应	(288)
蒙古高原全新世气候环境时空变化的高分辨率重建	(290)
过去 300 年中国东部季风区雨带进退图谱与模拟诊断	(292)
土壤-农作物体系 N_2O 排放系数的观测与模式研究	(294)
环渤海西部地区多环芳烃的区域环境过程	(296)
寒武纪大爆发中的动物门类多样性及重要类群的起源与演化	(298)
硬骨鱼类、四足动物起源与古动物地理	(300)
中晚寒武世斜坡环境的生命过程及其全球年代地层划分意义	(302)
碳黑的地球化学过程与环境行为	(304)
特提斯喜马拉雅晚白垩世大洋红层与古海洋变化	(306)
青藏高原特殊生境中植物多样性的起源和进化机制的研究	(308)
极端环境控制下原核与真核藻类生长与沉积——真核生物起源期地球环境与生命过程	(310)
持久性有机污染物的毒理、暴露水平及区域风险研究	(312)
空气环境质量与 SARS 病毒行为的研究	(314)
热带气旋发生、发展的理论研究	(316)
东亚区域海-陆-气耦合模式系统研制及性能检验	(318)
城市边界层三维结构研究	(320)
涡旋自组织动力学的研究	(322)
中国大气气溶胶和云光学特性的时空分布研究	(324)
台湾以东黑潮低频变异形成机制及其对气候系统的影响	(326)
中尺度地形动力学、热力学效应及其对中尺度强降水系统的影响作用	(328)
北极苔原和海冰地区边界层物理过程的观测研究	(330)
人工增雨的机理与播撒方法研究	(332)
平流层-对流层多尺度耦合及其与天气气候关系研究	(334)
松潘地块北缘岩石圈结构及其与东昆仑-西秦岭造山带关系	(336)
扬子板块北缘新元古代岩浆活动与热液蚀变	(338)
大别造山带中生代侵入岩类成因、岩浆动力学与构造体制转换	(340)
青藏高原东北部隆升过程与大地貌形成	(342)
华南印支运动的构造-岩浆响应及其动力学机制	(344)
阿尼玛卿缝合带东段及其两侧深部结构构造的主动源地震探测研究	(346)
青藏高原东缘壳幔速度结构和地幔变形场的地震学研究	(349)
基于 2001 年可可西里 8.1 级地震形变场演化分析的青藏高原黏弹性动力学模型研究	(351)
中生代全球事件在东北岩石圈的地质地球化学响应研究	(353)

阿尼玛卿-巴颜喀拉增生型造山带构造特征与增生过程	(355)
区域地面沉降模型研究	(357)
西南喀斯特山区土地利用/土地覆被变化及其对土地资源利用可持续性的影响	(359)
水稻土可持续利用机理研究:五千年前古水稻土与现代水稻土质量比较研究	(361)
渤海海冰作为淡水资源的储量测算	(363)
水资源约束下西北干旱区城市化过程及其生态效应研究	(365)
黄土高原小流域分布式水蚀预报模型研究	(367)
中国的城市变化及其自组织的空间动力学	(369)
空间等离子体中磁场重联和粒子加速的理论研究	(371)
日冕物质抛射的行星际表现	(373)
中国中部地区中、高层大气结构和扰动过程的研究	(375)
GIS 空间数据库更新的模型与方法研究	(377)

五、工程与材料科学

高性能金属材料激光制备与成形关键科学问题研究	(383)
非平衡晶界偏聚动力学和晶界脆性断裂研究	(385)
新一代高性能稀土永磁薄膜材料的基础研究	(387)
凝固过程中微观对流效应及其对组织形成的影响规律	(389)
用新理论、新工艺、新技术改造传统耐火材料的应用基础研究	(391)
类钙钛矿磁性与铁电材料及其异质结在特殊和超常条件下合成与性能研究	(393)
微波介质陶瓷的关键基础问题	(395)
洁净能源中的中高温离子传导膜材料的研究	(397)
新型医用闪烁晶体材料的分子设计和制备	(399)
聚合物胶束的制备及其功能化材料的基础研究	(401)
仿生医用高分子材料的研究	(403)
高性能聚丙烯腈碳纤维优质原丝与聚合物结构形成及其可控预氧化机理的探讨	(405)
具有优异力学性能聚丙烯腈碳纤维原丝结构调控与演变机理研究	(407)
聚丙烯腈碳纤维结构形成、演变机制及其性能与原丝结构性能相关性	(409)
薄钢板连铸连轧过程组织性能控制与检测	(411)
钢铁工业生态化模式及其管理和评价体系	(413)
高温高压 Raman 谱创新技术及高温高压下物质微结构与性质	(415)
高温 Raman 光谱创新技术及高温下物质微结构与性能	(417)
钢中超细夹杂物形成与作用机理	(419)
隧道与地下空间工程结构物的稳定性与可靠性	(421)
高压重载超音速气体润滑理论的研究	(423)
网络环境下的数字制造理论与关键技术	(425)
大型复杂机电系统早期故障智能预示的理论与技术	(427)

机电产品创新设计的理论、方法、技术及其应用的研究	(429)
飞秒激光功能微部件加工技术研究	(431)
金属环件冷辗扩塑性成形机理及工艺设备研究	(433)
特殊环境下的流动、传热、传质研究	(435)
流体热物性自动测试技术及推算新方法的研究	(437)
新型脉冲爆震燃烧方式的应用基础研究	(439)
化合物半导体晶体生长与缺陷控制的热物理问题	(441)
轴流式叶轮机械非轴对称非定常流动机理的实验和理论研究	(443)
含有多馈入直流输电系统的互联电网稳定性分析和控制	(445)
生物电阻抗图像监护技术基础研究	(447)
混合磁路发电机及电动机驱动控制技术研究	(449)
大跨空间结构抗风抗震关键理论问题	(451)
现代结构拟动力地震模拟协同试验方法与系统	(453)
城市路网动态交通管理与控制关键理论及其模拟技术研究	(455)
结构振动台模型试验技术及其远程协同试验方法研究	(457)
长江流域调水等工程对河口环境的影响及对策	(459)
黄河下游河道整治约束机制及调控效应	(461)
西北旱区农业与生态节水应用基础研究	(463)
长江口水域富营养化特性及对策研究	(465)
新水沙环境下黄河口演变与整治及水土资源优化配置研究	(467)

六、信 息 科 学

基于解剖结构的人体内物质流场的计算模型和模拟	(471)
基于生物特征的身份识别研究	(473)
高速铁路智能交通综合信息系统及其关键技术的研究	(475)
移动宽带视频广播传输系统及关键技术研究	(477)
钴 60 集装箱快速背散射辐射成像系统的研究	(479)
数字几何处理的理论框架与关键技术研究	(481)
高效视频编码中的关键技术研究	(483)
互联网机电系统的实时控制理论和方法研究	(485)
互联网环境下的控制理论与方法研究	(487)
复杂非线性力学系统的控制研究	(489)
复杂动态系统的建模与控制及其算法实现	(491)
动态图像序列的语义理解	(493)
Si 基光电子学关键器件基础研究	(495)
氧化锌基单晶薄膜材料、物性及器件研究	(497)
全光网波长交换关键技术研究	(499)
可擦重写有机光子材料和光信息存储	(501)

微光学/微结构用于成像系统的研究	(503)
------------------------	-------

七、管 理 科 学

金融风险的测量和建模	(507)
基于时间竞争的运作管理新技术和新方法研究	(509)
转基因农作物经济影响和发展策略研究	(511)
基于人群健康的医学服务管理研究	(513)

一、数理科学

组合矩阵论的研究

项目批准号: 10331020

项目组总人数: 5

批准金额: 80.00 万元

执行期限: 2004.01—2007.12

项目负责人: 邵嘉裕 教授 同济大学

摘要: 研究组合数学中一些重要方向, 如组合矩阵论, 组合数论, 代数组组合论和组合结构分析在化学、生物方面应用等领域中的一些前沿问题。在组合矩阵论方面, 将研究符号矩阵论 (及其复推广) 和非负矩阵论及谱图理论中若干重要的新问题和未解决问题。在组合数论方面, 将致力于用代数方法统一组合零点原理, Abel 群零和问题及群覆盖三个重要的研究课题。在代数组组合论方面, 将主要研究图和组合结构的对称性问题, 包括局部本原图对称性分析, Cayley 图和局部对称图的全自同构群及它们在互联网优化设计方面的应用等。在组合结构分析方面将研究化学分子的拓扑不变量, k 圈共振系统和 DNA 序列的图表示法和组合分析比较研究等。本项目研究内容在经济学、生物信息学、化学、互联网络拓扑参数计算等众多领域中有应用背景。

现代组合数学主要是研究各种离散结构的特征及与之相应的各种定性问题和定量问题。随着当代计算机科学的迅猛发展, 离散结构在计算机科学、信息科学、系统科学、网络通讯理论、现代经济学、甚至生物学和化学等领域中大量出现, 给组合数学提出了大批亟待解决的问题, 同时也为组合数学的发展提供了巨大的原动力。

本项目主要研究组合矩阵论, 组合数论, 代数组组合论和组合结构分析及其在化学、生物等方面应用等领域中的一些重要问题。这些领域各自都有具体的应用背景。例如符号矩阵论正是在 (由诺贝尔经济学奖得主 P. Samuelson 提出的) 定性经济学研究中的一批长期困扰经济学家的未解决问题的刺激下才发展起来的。而图的对称性研究在网络设计和网络的拓扑参数计算方面都有应用背景。组合结构分析则在化学分子结构和能量层的计数, DNA 序列的组合分析和比较研究方面有应用背景。

1. 在组合矩阵论方面拟开展的研究内容包括:

符号模式矩阵的复推广——ray 模式矩阵与复符号模式矩阵。这方面是当前国际上研究的一个新热点, 有若干重要的未解决公开问题受到普遍的关注。本项目将主要围绕这些未解决问题开展研究, 包括行列式值域的各种拓扑性质 (边界问题, 开闭性问题等) 及值域的特征刻画, 以及符号可解线性方程组, 符号非异矩阵, S^* 矩阵及其图论刻画的复推广等。

符号矩阵与非负矩阵的交叉性研究课题——符号矩阵 (及其复推广) 的基指数与广义基指数等。

非负矩阵论方面: 研究在网络通讯理论中具有应用背景的各类指数的分布与存在性

准则, 还拟着重研究指数分布在遍历理论研究中的应用。包括遍历性准则, 各类遍历指数的上界估计及遍历指数集的刻画等。深入研究关于广义多重下指数的 Brualdi-Liu 猜想。对若干新型指数解决其最好上界估计, 极阵完全刻画及指数集刻画等核心问题。

研究谱图理论方面关于图的邻接矩阵谱和 Laplace 谱的各种估值和计算问题。

在研究方法和路线方面, 除了采用传统的代数、组合、图论和数论相结合的方法外, 还将在复推广的行列式值域的研究中较多地采用几何和拓扑的方法。

2. 在组合数论方面拟开展的研究内容包括:

对域上种种受 (多项式) 限制的和集研究其基数下界, 尝试解决 Snevily 猜想;

建立关于组合零点原理、零和与群覆盖的统一理论, 揭示出这些领域潜在的新结果, 努力解决零和方面的 Kemnitz 猜想;

给出上述统一理论在组合、数论、有限域、图论等方面的应用, 特别地, 将把一个图的 p 正则子图的存在性与 Z 上覆盖联系起来, 还将努力解决 Alon 猜想。

在这方面将主要采用已熟练掌握的组合零点原理, 通过比照覆盖、零和、子集和三个方面的方法和结果, 发现共同之处并用统一的新观点来处理问题。

3. 在代数组论方面拟开展的研究内容包括:

拟本原图的对称性: 通过研究图的全自同构群结构来确定图的对称性质。

图的局部对称性: 主要研究非点对称图的局部对称性质。

Cayley 图的研究: 主要研究有限单群和某些可解群所决定的 Cayley 图的自同构群结构。

在这方面主要是运用组合数学和群论、特别是拟本原置换群和殆传递群的理论来研究图的结构及其各类对称性质。在研究中, 将重点考虑图自同构群的结构和在图上的作用, 并以此来刻画图的各类对称与局部对称性质。

4. 在组合结构及其在化学、生物等领域的应用方面拟开展的研究内容包括:

化学分子结构的拓扑不变量、拓扑性质和偏序关系;

广义 Clar 覆盖多项式和线性独立极小共轭圈多项式的性质;

k 圈共振系统的结构和性质;

化学分子结构及其子结构的组合计数;

DNA 序列和蛋白质的组合结构的图表示法、数值刻画、组合分析和比较研究, 期望给出 DNA 序列研究的有效组合分析方法。

在这方面将综合运用组合数学、群论、拓扑学、数学化学、生物化学等多学科的知识解决所研究的问题。同时还将充分利用计算机和相关软件以解决数据计算问题, 为理论研究提供实例和素材。