国家自然科学基金重大项目

简　介

1996 ~ 2000

国家自然科学基金委员会

科学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

CHINA

国家自然科学基金重大项目

简　介

1996～2000

国家自然科学基金委员会

科学出版社

CHINA

内 容 简 介

国家自然科学基金重大项目与重点项目和面上项目一起，构成了国家自然科学基金资助的三个层次。为了更有效地促进我国基础研究和应用基础研究工作的发展，国家自然科学基金委员会针对科学前沿的探索研究和国民经济长远发展的需求，有计划、有选择地组织了一批科学意义重大、目标明确、基础好、可望取得重大突破的项目，列为重大项目进行资助。

本书重点介绍了“九五”期间国家自然科学基金资助的63个重大项目。书中概要地介绍了这些重大项目的意义、当前国内外发展趋势、研究概况、研究内容、目标、所取得的成果，以及研究队伍与资助经费等情况。

本书可供科研单位和高等院校的广大科技人员、科研管理人员及有关师生阅读，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。

国家自然科学基金重大项目简介

1996～2000

国家自然科学基金委员会

责任编辑 吴寅泰 魏 玲

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

源海印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年7月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2001年7月第一次印刷 印张：13 1/2

印数：1—2 500 字数：311 000

ISBN 7-03-009185-X/N·111

定价：28.00元

（如有印装质量问题，我社负责调换〈北燕〉）

CHINA

前　言

国家自然科学基金委员会根据国家科技、经济和社会发展的需要，重点选择具有战略意义的重大科学问题，组织实施国家自然科学基金重大项目。基金重大项目的实施，对于推动我国重要基础科学研究方向上研究水平的提高和解决重大综合性科学问题能力及队伍的形成等方面发挥了重要作用。

自 1986 年起，科学基金重大项目组织实施已经历了三个五年计划。“七五”期间，在国家科学技术委员会、国家教育委员会、中国科学院等部委推荐和专家建议的基础上，择优资助了 87 个重大项目，平均资助强度 150 万元/项，总投入 1.3 亿元。“八五”期间，国家自然科学基金委员会将一批已经取得重要进展的基金重大项目推荐到“攀登计划”，并在调整、完善科学基金面上、重点、重大三个层次的资助格局的基础上，进一步组织实施了 38 个重大项目，总投入 1.195 亿元，平均资助强度为 314 万元/项。“八五”重大项目数量不多，但加强了项目组织的综合集成力度，积极推进了与产业部门的联合资助，对于学科交叉与综合研究的发展给予了特别的重视与支持。我们曾在《国家自然科学基金重大项目简介》(1986～1990)、(1991～1995) 中将“七五”、“八五”重大项目的研究内容与目标向读者作了介绍。

“九五”期间国家确立了“科教兴国”和“可持续发展”的战略方针，国家自然科学基金委员会把战略规划放在重要位置，加大宏观指导力度。“九五”期间，组织实施了 63 个重大项目，投入 3.3 亿元，平均资助强度 498 万元/项。“九五”重大项目的组织，更加注重发挥重大项目多学科交叉综合的整体突破的优势，着重推动我国基础研究解决综合性重大科学问题能力的发展与提高。

“九五”重大项目选题及所确定的科学目标和主要研究内容，在以下几方面更为突出①特别重视开拓新兴领域的创新研究。继“七五”、“八五”率先支持“机器证明”、“非线性激光晶体”、“稀土化学”、“人基因”等新兴领域研究，“九五”计划率先支持了“植物光合作用”、“蛋白质组”、“纳米电子学”、“有机发光材料”、“巨磁电阻”、“异种移植”、“手性药物”等二十多个新兴领域的研究。②高度重视国家经济建设和高新技术发展急需解决的重要基础科学问题，注重以高水平的学术研究带动产业整体技术水平的提高与更新，提高产业在国际技术市场的竞争力，并积极推动与产业部门的联合资助。如“环境友好石油化工”、“三维地质图像成像”、“洪水特征与减灾”、“高速信息网”、“金属熔体凝固控制与直接成形”等项研究。“九五”重大项目获得产业部门联合资助研究经费有较大幅度提高，“七五”为 150 万元，“八五”获得 1150 万元，“九五”已批准实施项目中得到产业部门和企业联合资助研究经费 2060 万元。③围绕解决面向 21 世纪我国人口、资源、环境、防灾减灾等国家社会发展中重大科学问题，加强重大项目部署。“九五”计划支持了“荒漠化发生机制与综合防治”、“生物多样性保育研究”、“农业生态系统水分运行及区域分异规律”、“恶性肿瘤易感人群预警”、“渤海生态系统动力学与生物

资源持续利用”等18个项目。④促进基础研究面向世界，参与国际学术前沿的竞争。积极支持我国具有国际先进水平或优势的领域参与国际科学计划的合作研究。“九五”计划支持了以我国科学家为主的“中国季风区环境演变机制及其与全球变化的动力学联系”、“超高压变质作用与碰撞造山动力学”、“东亚古季风的海洋记录”等项研究，支持了“寻找宇宙线中未知重质量粒子”、“AMS”等国际上有影响的工作。⑤开展了为国家重要宏观发展战略决策提供理论依据的自然科学与社会科学大跨度交叉研究，促进科学与政府决策机构的沟通与合作。如“金融数学、金融工程及金融管理”和“支持宏观经济决策的人机结合综合集成体系”等项目。“九五”重大项目总体上体现出我国基础科学研究在开拓新兴研究领域、解决综合性重大科学技术问题上的整体实力有了很大提高。

科学基金重大项目按五年计划组织实施，每五年出版一本简介，收编该五年计划期间组织实施的重大项目。本书逐项介绍了“九五”期间科学基金资助的63个重大项目的研究目标、主要研究内容、研究队伍和经费等情况。读者可以从中了解我国基础性研究在某些重要研究方向上的发展趋势、研究的问题及研究能力与水平等，也可以了解国家自然科学基金委员会对于重大项目资助的概况和意图，并从中发现问题，提出建议和意见，这对于提高科学基金资助工作的透明度，不断改进和完善重大项目组织实施工作都是有益的。出版重大项目简介，还希望加强科学基金工作与全社会的沟通，使科学工作者为国家经济、社会发展所付注的努力和科学前沿上的攀登精神能被人们更广泛的了解，使社会各界对我国基础科学研究和科学基金工作能有更深的认识，得到政府各级决策部门和有关方面更多的理解和支持。

本书的项目简介文稿由各项目组提供，计划局项目处根据编辑要求对文稿及其体例进行了编排和统一，也做了适当的修改和补充，并经相关科学部审定后交付出版。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

2000年11月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

CHINA

目　　录

前言
1. 太阳磁场、速度场和空间太阳望远镜方案 …… (1)
2. 低能离子与生物体系相互作用研究 …… (4)
3. 巨磁电阻的物理、材料研究及其在信息技术中的应用 …… (6)
4. 发展近场技术，研究生物大分子体系特征 …… (9)
5. 材料的宏微观力学与强韧化设计 …… (12)
6. 大型旋转机械非线性动力学问题 …… (15)
7. τ-燊物理若干前沿课题的研究 …… (18)
8. 寻找宇宙线中未知重质量粒子 …… (21)
9. 阿尔法磁谱仪（AMS-02）电磁量能器研制 …… (24)
10. 环境友好石油化工催化化学与化学反应工程 …… (27)
11. 手性药物的化学与生物学研究 …… (30)
12. 原子团簇的化学和物理 …… (33)
13. 稀土农用的环境化学行为及生态、毒理效应 …… (36)
14. 化学微观过程及反应控制理论研究 …… (38)
15. 电子聚合物中若干基本化学问题研究 …… (41)
16. 有序高级结构分子聚集体的结构、构筑与性能研究 …… (44)
17. 挖掘生物高效利用土壤养分潜力，保持土壤环境良性循环 …… (47)
18. 中国沿海典型增养殖区有害赤潮发生动力学及防治机理研究 …… (51)
19. 植物光合作用光系统Ⅰ结构及超快速过程的机理和调控 …… (55)
20. 我国畜禽四种主要病毒病病原生态学和分子流行病学研究 …… (59)
21. 真核基因表达的调节与控制研究 …… (62)
22. 视觉信息加工的神经基础 …… (65)
23. 稻麦玉米重要基因的鉴定及利用途径的基础研究 …… (68)
24. 中国关键地区生物多样性保育的研究 …… (71)
25. 中国东部陆地农业生态系统与全球变化相互作用机理研究 …… (74)
26. 《中国动物志》、《中国孢子植物志》和《中国植物志》的编研 …… (77)
27. 荒漠化发生机制与综合防治优化模式的研究 …… (80)
28. 食管癌与肺癌易感个体预警的理论基础和方法 …… (83)
29. 蛋白质组及蛋白质动态变化与功能关系 …… (86)
30. 中华民族基因组的结构和功能研究 …… (89)

31. 异种移植的基础研究 …… (92)
32. 渤海生态系统动力学与生物资源持续利用 …… (95)
33. 内蒙古半干旱草原土壤-植被-大气相互作用 …… (98)
34. 淮河流域能量与水分循环试验和研究 …… (101)
35. 超高压变质作用与碰撞造山动力学 …… (104)
36. 夏商周断代工程加速器质谱计改进与^{14}C 测年方法完善 …… (107)
37. 我国北方地区农业生态系统水分运行及区域分异规律研究 …… (109)
38. 中国季风区古环境演变机制及其与全球变化的动力学联系 …… (112)
39. 陆相油储地球物理理论及三维地质图像成图方法 …… (116)
40. 长江三角洲低层大气物理化学过程及其与生态系统的相互作用 …… (119)
41. 日地空间灾害性扰动过程及其对人类活动的影响 …… (122)
42. 东亚古季风的海洋记录 …… (125)
43. 有机聚合物光电信息材料与器件的基础研究 …… (128)
44. 江河泥沙灾害形成机理及其防治研究 …… (132)
45. 高性能金属间化合物结构材料的关键性基础问题研究 …… (135)
46. 大型复杂结构体系的关键科学问题与设计理论研究 …… (138)
47. 材料在我国自然环境中的腐蚀数据积累及规律性研究 …… (141)
48. 支持产品创新的先进制造技术中的若干基础研究 …… (144)
49. 金属熔体凝固控制与若干先进成形过程基础研究 …… (148)
50. 能源动力中多相流热物理基础理论与技术研究 …… (151)
51. 新型功能陶瓷材料的制备科学及其关键基础性问题 …… (154)
52. 航天技术和信息器件中的微细尺度传热 …… (157)
53. 洪水特性与减灾方法研究 …… (160)
54. 知觉信息的基本表达及其无创性认知成像研究 …… (163)
55. 纳米电子学基础研究 …… (166)
56. 半导体复合光功能材料与器件的基础性研究 …… (169)
57. 高速信息网中的关键基础问题 …… (173)
58. 并行处理与面向地学分析的高分辨率实时成像 …… (176)
59. 半导体光子集成基础研究 …… (179)
60. WDM 全光网基础研究 …… (182)
61. 中国高速互连研究试验网络 NSFCnet …… (185)
62. 金融数学、金融工程及金融管理 …… (188)
63. 支持宏观经济决策的人机结合综合集成体系研究 …… (191)
附录一　国家自然科学基金“七五”重大项目一览表 …… (194)
附录二　国家自然科学基金“八五”重大项目一览表 …… (201)
附录三　国家自然科学基金“九五”重大项目一览表 …… (205)

1. 太阳磁场、速度场和空间太阳望远镜方案

项目编号：19791090

批准金额：400 万元　　项目起止年月：1997 年 3 月至 2001 年 3 月

编号	项　目（课题）	项目主持人（课题负责人）				研究人员					
		姓 名	专业职务	专　业	单　位	总数	高级	中级	博士后	博士生	硕士生
0	太阳磁场、速度场和空间太阳望远镜方案	艾国祥	院士	太阳物理	中国科学院北京天文台	32	15	9		8	
1	太阳磁场的高分辨率观测和元磁流管研究	汪景琇	研究员	太阳物理	中国科学院北京天文台	7	2	3		2	
2	太阳磁场三维结构	张洪起	研究员	太阳物理	中国科学院北京天文台	6	2	2		2	
3	太阳大气中磁能积累和释放的理论研究	许敬敖	教　授	太阳物理	南京大学	12	6			4	2
4	空间太阳望远镜预研究	艾国祥	院　士	太阳物理	中国科学院北京天文台	18	6	4	2	3	

学术领导小组：艾国祥、汪景琇、张洪起、许敬敖、胡友秋。

联合研究单位：中国科学院北京天文台、南京大学、中国科学技术大学、中国科学院紫金山天文台、北京大学、中国科学院上海天文台、中国科学院南京天文仪器研究中心。

简　述

太阳的绝大部分物质是高温等离子体。太阳的物态、运动和演变都与磁场密切相关，引起地球环境变化的太阳黑子、耀斑、日珥等活动现象，更直接受磁场支配，因此太阳磁场及其结构、演化和在太阳活动现象中的作用亟待深入研究。太阳磁场的研究不仅具有认识宇宙的典型意义，而且对日地空间和地球环境的许多现象的本质认识有重要价值。第二次世界大战之后，太阳磁场的研究已成为太阳物理研究的关键和核心之一。著名学者阿尔文对太阳及宇宙磁流体动力学的研究，曾在 20 世纪 60 年代获诺贝尔物理学奖。太阳又是一颗普通的恒星，是离地球最近、惟一可进行高空间分辨率、高光谱分辨率和高时间分辨观测的天体，在天体物理客体中具有普遍性，是恒星物理中的样本。空间观测，具有全波段、全时段、无大气抖动和散射等优点，成为世界各强国高科技优先发展和竞争的领域。

太阳磁场的观测是一个十分困难的问题，以塞曼效应为基础的太阳矢量磁场的测量技术，要求光谱系统具有0.1Å左右的分辨率，并要求偏振测量精度达10^{-3}以上。我国由于在30年前提出新的第三代磁象仪——太阳磁场望远镜，并研制成功，十多年的观测运行和研究，使中国太阳矢量磁场研究已在国际上占有显著的地位。

本项目的研究目标：

对太阳这一普通恒星的磁场、速度场进行系统的观测和理论研究；在证认和理解太阳的基本磁元，认识太阳大气和磁场的三维结构、理解耀斑等活动现象的产生机制等三个方面，取得系统的观测发现，提出有重要意义的新概念和理论，建立新的太阳活动预报方法；以这些研究为引导，提出具有国际领先水平的、研究和发展我国的空间太阳望远镜的具体方案。

本项目研究内容：

1. 太阳磁场的高分辨率观测和元磁流管研究

由磁场、多通道和球载望远镜的高分辨率观测，对太阳活动区精细结构、宁静磁场、冕洞和极区磁场进行磁通量、形态、演化的系统观测研究，并以线对成像观测诊断本征场强；由斑点干涉等方法获取亚角秒高分辨率的磁图，从而对元磁流管尺度、内禀场强、各类太阳表面磁场的性质和来源，给出较系统的新结果，在磁流管物理若干方面取得实质性进展。

2. 太阳磁场的三维结构

从我国先进的光球矢量磁场和二层次的纵场观测入手，研究太阳光球表面磁场向上扩展的空间形式、太阳活动区磁浮现、剪切、磁对消以及电流片的发展过程和过剩磁场的储存、触发和释放，探讨太阳耀斑、太阳风的形成机理。

3. 太阳大气中磁能积累和释放的理论研究

从系统分析大活动区典型事件入手，联合运用分析和数值模拟方法，深入探讨太阳大气中磁能积累和释放过程中的几个基本理论问题：非线性无力场和活动区电流的拓扑位形、磁拓扑界面和磁螺度的演化、等离子体不稳定性与磁重联过程；进一步揭示太阳耀斑和爆发日珥的物理本质及其与新浮磁流等过程的内禀关系；改进和完善太阳爆发现象的物理模型。

4. 空间太阳望远镜预研究

这是一个重大的空间科学项目，在项目正式启动前，需要进行科学目标与工程技术可行性及方案的研究，进行评估，为上大科学工程项目做学术和方案的准备。

项目的关键科学问题：

论证和探讨太阳大气中是否真正存在量子化的磁流管，并探测和诊断元磁流管的尺度、内禀磁场强度及其物理性质。由于这个项目所涉及的是世界上近30年来的难题，其彻底解决仍有待于空间大口径望远镜的0.1角秒磁场的观测，本阶段是从过渡性的直接（如气球）以及间接推论进行探索，试图有所突破，并为我国大型空间太阳望远镜的直接探测做理论和分析准备。

项目预期成果：

围绕当前世界上太阳物理学的重大科学前沿以及太阳对地球影响的主要方面——太

CHINA

阳磁场，从四个方面，即最先进的探测预研；对最富挑战性的磁元问题进行多种探测和分析，并为上大工程做科学预备；对现有世界先进水平的我国磁场实测资料进行理论分析和研究，做进一步概括、总结和提高。

本项目有良好的研究基础，矢量磁场和色球磁场的研究，已获取了大量优良观测资料。在观测发现、资料分析和外延数值模拟上，都有良好的储备，是目前我国太阳磁场研究处于国际先进地位的重要代表，可望在发表论文数量和质量方面保持国际先进水平。

CHINA

2. 低能离子与生物体系相互作用研究

项目编号：19890300

批准金额：500 万元　　项目起止年月：1998 年 5 月至 2002 年 5 月

编号	项　目（课题）	项目主持人（课题负责人）				研究人员					
		姓 名	专业职务	专　业	单　位	总数	高级	中级	博士后	博士生	硕士生
0	低能离子与生物体系相互作用研究	余增亮	研究员	物理 生物	中国科学院等离子体物理研究所	95	49	15	3	16	12
1	离子注入分子累胞遗传学研究	朱至清 丘冠英	研究员 教　授	生物 生物	中国科学院植物所 武汉大学	25	10	6	2	4	3
2	离子注入生物体原初物理过程研究	赵渭江	研究员	物理	北京大学	10	9	1			
3	离子注入生物诱变机理及生物效应研究	陆　挺 周宏余	教　授 教　授	物理	北京师范大学	30	21	5		3	1
4	低能离子与生物分子反应过程研究	余增亮	研究员	物理 生物	中国科学院等离子体物理研究所	30	9	3	1	9	8

学术领导小组：余增亮、朱至清、赵渭江、周宏余、吴兰佩、柴之芳、曹恩华、梅曼彤。

联合研究单位：中国科学院等离子体物理研究所、中国科学院植物研究所、北京大学、北京师范大学、武汉大学、安徽农业科学研究院、安徽农业大学、山东大学、天津师范大学。

简　述

载能离子影响着人类的健康和生物的进化，自从 20 世纪 80 年代中期我国科学家发现低能离子注入生物效应后，经过国家自然科学基金委员会和国家计委等部门的支持，已经在离子束遗传改良方法学的建立方面取得重要突破，低能离子束作为遗传改良新方法在农作物、微生物育种上得到迅速的应用。进入 20 世纪 90 年代以来，国内外在离子注入诱变育种、离子束介导 DNA 转移等方面取得了进展。我国应用低能离子束生物技术方法就育出了作物新品种、新菌种，在国内外产生了重要影响。低能离子注入遗传突变是一个无资料可考、陌生的现象，其中的科学问题从一开始就引起了学术界的兴趣。以 1988 年为开端，经过基金的连续资助，我国科学家进行了坚持不懈地探索，对离子注入生物效应机理提出了一些假说，给出了若干模型，并力图在实验上证实它，开辟了一个新的

需要全本请访问 www.ertongbook.com

研究方向。这一研究方向不仅有独立存在的理论基础，而且有可能发展成为一个新的交叉学科，对核技术的发展和 21 世纪生命科学研究具有特别的意义。

项目研究目标：

在实验体系内，弄清常用剂量下注入离子在生物体内落在何处，慢化离子与周围生物分子如何发生反应，反应过程对生物学终点有什么意义；在分子、细胞、个体和群体层次上，遗传变异与原初过程相互关系等问题。这些问题的研究不仅为离子束遗传改良提供了新概念、新方法，而且有可能发展成为载能离子与物质相互作用领域新的分支学科。

生物组织极为复杂，从离子注入那一时刻到生物学终点，时间跨越 10^{-19}～10^{9}s；空间上从原初分子损伤到性状变异，经过生物放大，也不知放大了多少倍。在这样宽广的时空域内要弄清其机理，人们熟悉的均质材料中弹-靶模型不再适用。因此，从原初物理过程来看，要研究注入离子在作物干种子内能量损失的过程及对结构损伤的影响规律，注入离子在干种子内输运途径、深度及浓度分布等。在生物学方面，通过研究注入离子生物效应，在分子、细胞、组织和群体水平上明确遗传变异、基因突变与原初物理过程的关系。在物理与生物交叉研究中，应开展注入离子与生物分子重组、加成、辐解和聚合过程的研究，明确注入离子引起 DNA 序列突变的热点，生物体存活损伤模型的特殊规律等。同时，利用离子束诱导 DNA 重组和辅助介导 DNA 转移方法，研究突变的目的性和可重复性。本项目用物理学方法研究复杂生物体，以各个层次生物学终点效应反演原初过程。因此，利用和融合现代物理、生物学技术路线、实验方法、数据分析等，从不同学科角度探索现象与过程的关系，以期给出低能离子与复杂生物体系相互作用的较清晰的图像。

本项目研究方法：

以透射法、溅射法研究离子注入前后生物体结构和结构损伤，注入离子进入生物体的途径，再用 PIXE 和 SIMS 技术分析注入离子沿径迹的浓度分布；以拟南芥菜等模式作物和玉米等主要粮食作物为基本材料，开展突变株分子水平的研究，分析突变率、突变谱与注入离子参数的关系以及特殊材料的基因定位等；以 DNA 小分子和质粒、病毒 DNA 为材料模拟低能离子与生物分子的物理化学反应、碱基序列变化、突变热点以及离子注入生物存活-损伤特殊规律的机理等。

本项目分四个课题，预期成果首先在于探索未知的现象。低能离子在自然界和星际分子中广泛存在，它对生物进化和公众健康的影响是一个尚未涉足的领域。通过本项目研究，可望探明低能离子在作物干种子内输运途径，找出低能离子与生物分子重排、加成、辐解和聚合反应的特点和规律，发展新的交叉学科生长点。另一方面，从分子、细胞和群体水平上逐渐明确低能离子诱导突变的属性，为提高离子束遗传改良重现性提供新思路、新途径。本研究属基础研究范畴，但研究样品有些可直接或间接在育种上应用，结合其他项目，可望育成一批新品种、新种质，创造重大的社会经济效益。为新的交叉学科——“低能离子生物学”奠定初步基础。

CHINA

3. 巨磁电阻的物理、材料研究及其在信息技术中的应用

项目编号：19890310

批准金额：500 万元　　项目起止年月：1998 年 6 月至 2002 年 6 月

编号	项　目（课题）	项目主持人（课题负责人）				研究人员					
		姓 名	专业职务	专　业	单　位	总数	高级	中级	博士后	博士生	硕士生
0	巨磁电阻的物理、材料研究及其在信息技术中的应用	赖武彦 方光旦	研究员 研究员	物理 计算机外设	中国科学院物理研究所 中国科学院计算技术研究所	52	18	9	4	14	6
1	低饱和场 GMR 金属多层膜及自旋阀的制备和物性	赖武彦 朱逢吾	研究员 教　授	物理 材料物理	中国科学院物理研究所 北京科技大学	11	5	2	1	3	
2	GMR 金属多层膜微结构及其与制备工艺、物性关系的研究	麦振洪	研究员	物理	中国科学院物理研究所	9	2	1	1	3	1
3	信息存储中巨磁电阻新器件的关键技术	方光旦	研究员	计算机外设	中国科学院计算技术研究所	15	8	2	2	2	
4	非均匀颗粒系统的巨磁电阻效应	张世远	教　授	磁学	南京大学	12	4		1	3	3
5	多层膜 GMR 的物理机制及磁性隧道结的研究	胡　安	教　授	物理	南京大学	11	5	2	1	2	1

学术领导小组：赖武彦、方光旦、胡　安、李金良、胡仁元。

联合研究单位：中国科学院物理研究所、中国科学院计算技术研究所、北京科技大学、南京大学。

简　述

固体中的电子既是电荷又是自旋的载体，自旋的有序状态和电荷传输之间的关系是一个基础物理问题。在某些人工结构材料中的巨磁电阻（GMR）效应是近年来重要的科学发现。这个现象已成为凝聚态物理的研究热点，其物理基础是自旋极化电子输运理论。它推动了一大批纳米尺度人工新材料的开发，并已在信息技术中获得了初步应用。巨磁

CHINA

电阻从发现到迅速转化为重要应用，给物理学、材料科学和信息科学提出了一系列重要课题。GMR 效应最初是 1988 年在 Fe/Cr 金属超晶格上观察到的。在外磁场作用下，薄膜电阻变化率高达 50%，巨磁电阻由此得名。制备方法是分子束外延技术，它可将金属原子一层一层堆砌。其后，更有磁控溅射法、离子束方法引入。由于超晶格周期厚度仅仅 2～4nm，给人工微结构材料科学提出了新的挑战。在应用技术方面，20 世纪 90 年代是计算机和多媒体信息技术大发展的年代。可擦写的计算机硬盘遇到严重问题，即存储密度不高。面对每二三年速度翻番的内存芯片，它成为了信息快速处理的瓶颈，特别是在网络通信发展之后，矛盾更加突出。基础研究上的新发现给解决这一问题提供了机会，仅仅 6 年之后，使用巨磁电阻磁头的硬磁盘驱动器原型试验成功，其存储密度一举提高数十倍。动态图像进入个人计算机用户的限制被突破。

同时，物理和材料基础研究的继续深入开展，导致一系列新的重要发现，如室温磁隧道效应、超大巨磁电阻氧化物等。

巨磁电阻效应迅速从物理、材料研究到信息科学上应用，是知识转化为经济的突出例子。这个转化的速度很快，必然会留下大量基础研究工作空间。例如，在物理学方面，自旋极化电子的状态、传输行为的探索；类比于半导体中 P-N 结的所谓磁自旋结，磁隧道效应；与高温超导体晶体结构相同的氧化物特大磁电阻材料物理等。在材料科学方面，则注重纳米级超薄膜材料制备及表征。在信息技术方面，使用巨磁电阻磁头的超高密度硬磁盘、大容量信息处理问题等。

本项目侧重金属多层膜（包括自旋阀和隧道结）的材料科学，研究内容有制备与表征。优质薄膜获得是物理研究的物质基础，也是信息应用器件的保证。物理学研究方面，巨磁电阻机理与应用物理问题并重。信息应用器件研究则着重关键的微器件制备技术和动态测试的系统研究，为产业化做准备。

项目研究目标：

研究巨磁电阻多层膜（特别是自旋阀和隧道结）的制备方法和表征技术，增强材料的稳定性，为 GMR 物理研究和器件的研制提供优质材料；解决器件制备中的关键问题，制成具有高灵敏度，性能稳定的 GMR 硬盘磁头；深入研究巨磁电阻的物理学问题，探索新的巨磁电阻材料和器件原理。

主要研究内容：

1. 低饱和场 GMR 金属多层膜及自旋阀多层膜的制备科学及物性研究，用超净、低速低温生长配合表面活化技术，获得优质薄膜，开展自旋极化电子输运过程研究。

2. 金属多层膜的界面微结构表征及其与制备工艺和物性的关系，主要开展 XHRTEM、XRD、STM、AFM 等研究。

3. 金属多层膜 GMR 效应的环境和热稳定性，界面微结构因受热发生的变化（缺陷、扩散、化学成分偏析）。

4. GMR 硬盘磁头及其他器件的应用基础研究，GMR 硬盘读、写磁头的器件设计、集成工艺，制成硬磁盘上适用的 GMR 磁头原型并完成静、动态测试。

5. 磁性金属颗粒膜巨磁电阻效应物理研究。

6. 金属/绝缘体结 GMR 材料的制备、微结构表征及物性研究，探索提高其 GMR 性

能及稳定性的途径。

重点解决的科学问题：

1. 改进薄膜制备工艺是本项目的关键，其中包括溅射制备工艺和微结构、GMR 的关系并探讨机理、改进工艺和薄膜生长工艺参数控制，建立超净工作气体、低速率、基片控温、多靶插层、表面活化等工艺条件。

2. 超薄多层膜的微结构表征，应用先进技术在原子水平上研究 GMR 材料微结构，即单层厚度仅 1～2nm 的多层膜。探讨 GMR 效应机理，为优化多层膜工艺改进性能提出科学依据。

3. 界面原子扩散的相关问题，在界面及动力学研究基础上，解决 GMR 的温度稳定性和界面缺陷引起的“电迁移现象”等问题。

4. GMR 材料和器件的实用化，包括自旋阀多层膜结构中的层间耦合、磁化过程和传输特性，以及自旋阀磁头设计、微加工和动、静态测试方法。

5. 颗粒膜巨磁电阻效应中，高饱和磁场的物理机制及形状各向异性铁磁颗粒膜的制备，不同类型散射机制的鉴别。

6. 金属/绝缘体隧道结制备中的关键问题，包括新的结构类型，材料优化以及热稳定性问题。

项目预期研究成果：

电子的自旋极化状态及输运过程物理基础研究；人工磁性纳米材料科学技术中，有关制备-表征-物性的系统关系；为超高密度信息存储技术革新及产业化作准备，制成我国第一个硬盘用巨磁电阻磁头。其中包括：

1. 多层膜的物性和微结构关系深化研究；金属多层膜的先进制备技术和结构表征并制成优质自旋阀薄膜；温度稳定和环境稳定问题基本解决。

2. 建立纳米级磁体的形貌学；界面态、量子阱及自旋极化的新介观现象研究。

3. 阐明颗粒膜巨磁电阻效应高饱和场的机理，发展脉冲激光沉积和磁控溅射结合技术，获得高质量隧道结材料。

4. 制成超高密度巨磁电阻磁头的原型并在驱动器上联机成功，为巨磁电阻效应的应用以至产业化打下基础。

CHINA

4. 发展近场技术，研究生物大分子体系特征

项目编号：19890380

批准金额：500 万元　　项目起止年月：1998 年 8 月至 2002 年 12 月

编号	项　目（课题）	项目主持人（课题负责人）				研究人员					
		姓 名	专业职务	专　业	单　位	总数	高级	中级	博士后	博士生	硕士生
0	发展近场技术，研究生物大分子体系特征	唐孝威 陈润生	院　士 研究员	高能物理 生物物理	中国科学院高能物理研究所 中国科学院生物物理研究所	96	35	10	9	16	22
1	应用近场荧光成像与近场光谱研究基因识别与 DNA 测序	陈润生	研究员	生物物理	中国科学院生物物理研究所	15	5	2	1	3	4
2	发展近场光学与图像增强与研究体外细胞核重建与核凋亡	朱　星	教　授	固体物理	北京大学	24	5	3	3	6	6
3	双光镊系统研制及对细胞骨架蛋白力学测定上的应用研究	张道中	研究员	光学	中国科学院物理研究所	17	8		1	2	5
4	生物膜体系特性的光钳研究	乐加昌	副研究员	生物化学	中国科学院生物物理研究所	20	10	2	1	2	3
5	生物大分子结构与相互作用的原子力显微学研究	李民乾	研究员	物理	中国科学院上海原子核研究所	3	1			1	
6	溶液中生物大分子的近场光学探测理论与方法研究	白春礼	研究员	物理化学	中国科学院化学研究所	8	3	1	1	1	1
7	用近场光学共焦显微技术研究蛋白分子跨膜相互作用	赵　钧	教　授	光学	清华大学	9	4	1	2		2

学术领导小组：唐孝威、陈润生、朱　星、张道中、刘国琴、韩学海、蒋争凡、赵　钧、褚君诺。

联合研究单位：中国科学院高能物理研究所、中国科学院生物物理研究所、北京大学、中国科学院上海原子核研究所、中国科学院化学研究所、清华大学、中国科学院物理研究所、中国农业大学、中国科学技术大学。

CHINA

简　述

21 世纪将是生物学十分活跃的时代。科学界将完成破译人类生命的遗传密码。人类基因组工程最终将给生物学带来一场革命，了解未知基因和作用需要了解大量新的遗传信息包含的意义，如科学家们正在筛选数以万计的蛋白质，以便了解它们如何相互作用以及发挥什么作用。脱氧核糖核酸错综复杂的线索也将慢慢地揭开整个生命过程的其他重大基本问题的研究，比如细胞及细胞核重建，分子马达运动和生物膜体系特征等也将取得重大突破，近年来随着生物学的快速发展，分子生物学研究正在由离体观测走向活体观测，由静态观测走向动态观测，由对分子集合的研究走向单分子研究。近场操作、检测、成像技术是物理领域正在迅速发展的先进技术，不论是方法还是原理都在形成与完善之中，将其中应用于生物学研究正处于初始阶段。

本项目利用物理学、化学、生物学等多学科优势，发展物理学中包括光钳技术、近场光学显微术与近场光谱测量术、电视图像增强成像技术等在内的一整套先进的光学操作、监测、成像技术，进行生物大分子体系的动态特性研究，包括基因识别和基因组作图研究、体外细胞核重建与核凋亡研究、细胞骨架蛋白力学测定研究、生物膜体系特性研究，争取在这些前沿课题方面取得新成果。

项目的研究目标：

建立和发展近场操作、监测和成像技术及其理论：包括以光钳（optical tweezers）为主的单位分子操作技术；以近场光学扫描显微技术（scanning near-filed optical microscopy，SNOM）为主的高分辨显微技术。采用这些活体、动态、单分子的观测手段研究基因定位和基因组作图；细胞及细胞核重建，分子马达运动和生物膜体特征等生物学重大基本问题。

项目主要研究内容：

近场光学扫描显微技术及基因识别、基因组作图和体外细胞核重建、核凋亡。主要以发展近场光学操作、监测和成像技术来研究两个方面的生物学问题，基因定位和基因组作图；体外细胞核重建及凋亡的动态过程。建立近场光学扫描显微技术（包括研制 SNOM 的荧光及光谱），开展染色体或 DNA 单个分子上的形貌及光谱研究，并探讨直接法基因组作图的可行性。同时在提高 SNOM 成像速度与分辨率的基础上，开展细胞核重建及核凋亡的动态过程研究。将体外细胞核重建及核凋亡的连续过程以及核膜、染色质与核骨架在组装及凋亡中动态变化和其相互关系记录与展示出来，以便在更深层次上认识它们的机理。

光钳技术和分子马达及生物膜体系特性研究。主要以发展光钳和视频图像增强技术来研究两个方面的生物学问题，细胞骨架蛋白的力学测定、细胞膜特性及应急条件下细胞膜变化的光钳测量方法。建立单分子操作和成像的光钳系统，包括微米尺度的光学陷阱的构成，陷阱中介电微粒的受力和稳定性，微粒的纳米级位移测量，微小力（10^{-12}N 量级）测量等。并以此为基础研究马达蛋白的运动规律，为揭示植物细胞的长距离快速主动运输过程，在分子水平上提供证据。同时为研究生物膜的结构与功能及细胞、细胞器

需要全本请访问 www.ertongbook.com