

国家自然科学基金重大项目 简介

1991—1995

国家自然科学基金委员会

科学出版社

国家自然科学基金重大项目 简介

1991—1995

国家自然科学基金委员会

科学出版社

1996

(京) 新登字 092 号

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“八五”期间国家自然科学基金资助的 38 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、科技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

1991—1995

国家自然科学基金委员会

责任编辑 刘兴民 范铁夫

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

北京科地亚印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1996 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1996 年 4 月第一次印刷 印张: 8½

印数: 1—2 500 字数: 188 000

ISBN 7-03-005075-4/N·36

定价: 18.50 元

前 言

国家自然科学基金委员会成立以来,重大项目的组织实施已经历了两个五年计划。“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科学家建议的基础上,经过充分酝酿研究,择优确定了87个重大项目。至1990年底分期分批完成了全部立项评审工作,87个重大项目资助总金额为1.3亿元,平均资助强度约为150万元。现在这些重大项目已按计划结束,取得了令人瞩目的成绩。

自1991年开始进入“八五”时期,国家对基础性研究更加重视和支持,进一步增加了对基础性研究的投入,不但国家自然科学基金有了较大幅度的增长,而且国家科委拨出专款组织实施国家基础性研究重大关键项目——“攀登计划”。面对新的形势,“八五”期间国家自然科学基金委员会一方面积极配合、支持“攀登计划”的组织实施,“七五”重大项目中有重要进展的“半导体超晶格微结构”、“理论物理若干重大前沿课题研究”、“高分子凝聚态的基本物理问题研究”、“工程热物理若干重大前沿课题研究”等21个项目的有关研究工作和研究队伍进入了“攀登计划”项目;另一方面又完善了科学基金重大项目、重点项目和面上项目三个层次的资助格局,重新明确了三个层次的内涵和区别,调整了它们之间的比例和规模,较好地处理了资助工作中一般和重点的关系。“八五”期间强化了重点项目层次,划拨1.73亿元资助了300个重点项目,把那些属于当代活跃的学科前沿、优先发展领域及学科发展中亟需深化研究以取得突破的一些重要方向,确定为重点项目予以支持。这种分流大大缓解了重大项目需求的压力。因此“八五”期间国家自然科学基金委员会仅组织了38个重大项目,数量不多,但目标更加集中,特色更加鲜明。

首先,“八五”重大项目强调把对科学前沿的探索研究和国民经济长远发展的需求,在战略方向上统一起来,使基础性研究在高层次上同国家目标紧密结合。因此“八五”重大项目中既有“ τ 轻子物理研究”、“量子化学与非平衡态统计理论及其在化学中的应用”等重要前沿领域的创新性研究项目;又有为解决国家经济建设中重大科学技术问题的“陆相薄互层油储地球物理学理论与方法研究”、“三峡水利枢纽工程几个关键问题的应用基础研究”等研究项目;还有围绕国家可持续发展战略目标和具有深远影响的科学数据积累等基础性工作,如“城市与工程减灾基础研究”、“典型化学污染物在环境中的变化及生态效应研究”、“我国自然环境材料腐蚀数据积累及基础研究”和“《中国植物志》、《中国动物志》、《中国孢子植物志》的编研”等项目。可以看出,“八五”重大项目是把服务于国民经济建设和提高科学技术水平与能力两方面有机地结合起来。

其次,“八五”重大项目加强了综合集成的力度。“八五”重大项目仍采取自下而上,上下结合,有计划、有步骤地组织实施,但资助强度比“七五”期间有了很大提高,“八五”期间安排的38个重大项目总经费为1.195亿元,包括批准经费和对正在实施中的优

秀项目的追加经费在内,预计资助强度可达到平均每项 314 万元。“八五”重大项目继续支持跨部门、跨单位的联合研究,更加积极推进同产业部门的联合资助模式,有 11 个项目吸收了各有关部委及企业 6855 万元的联合资助经费,其中产业部门投入科研经费 1150 万元,为项目研究提供的支撑经费 4075 万元。“八五”重大项目还特别重视多学科交叉与综合,划定 1/3 的经费专门组织了 12 个跨科学部的重大项目,对交叉学科研究和综合性多学科研究的发展起到了推动作用。在与国家科技攻关计划、“863”高技术计划及国家“攀登计划”的衔接和与国家科研基地建设的配合方面,特别是在充分发挥国家重点实验室和国家大型科学工程的作用上,“八五”重大项目也有了很大的进步。这一切都大大加强了重大项目综合集成的力度,也提高了科学基金重大项目的显示度。

此外,“八五”重大项目还与优秀中青年学术带头人的培养更好地结合,重大项目负责人及其骨干队伍趋向年轻化,越来越多的优秀中青年科技工作者在重大项目实施中得到锻炼成长……。总之,“八五”重大项目的组织实施工作更趋于完善,更加符合科技发展的需要。

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所有重大项目。本书作为“八五”期间国家自然科学基金资助的重大项目的简介,书中逐项介绍了 38 个重大项目的研究目标、主要研究内容、研究队伍和资助经费等简况。读者从中可以了解我国基础性研究在某些重大研究方向上的发展趋势、关键的科学问题、学术研究的能力与水平,以及研究规模等等;也可以了解国家自然科学基金委员会“八五”重大项目的总体布局和意图,并从中发现问题,提出意见,这对于提高科学基金工作的透明度,深入贯彻“依靠专家、发扬民主、择优支持、公正合理”的十六字方针,不断地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,加深社会各界对科学基金工作的了解与支持。同时也希望广大科技工作者在四化建设中的奉献精神、科学前沿上的攀登精神能够被人们更广泛的了解,得到政府各级决策部门和有关方面更多的理解和支持。

本重大项目简介的文稿由各项目组提供,综合计划局重大项目处根据编辑要求对文稿及其体例进行了编排和统一,也进行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综合计划局

1995 年 12 月

目 录

前言

1. 聚物理和 τ 轻子物理研究	(1)
2. 现代核分析技术研究及其在若干环境问题中的应用研究	(4)
3. 材料损伤、断裂机理和宏微观力学理论	(8)
4. 原子光学与时间基准的研究	(11)
5. 复杂气体流动中旋涡、分离的流动机理与控制	(14)
6. 量子化学与非平衡态统计理论及其在化学中的应用	(18)
7. 化学工程中重大基础研究——传质分离过程与化学反应工程	(21)
8. 典型化学污染物在环境中的变化及生态效应	(24)
9. 煤炭、石油、天然气资源优化利用的催化基础	(27)
10. 物理有机化学前沿领域两个重要方面——有机分子簇集和自由基化学 的研究	(31)
11. 生命科学中的电化学分析与分子光谱分析研究	(34)
12. 金属有机化合物的反应化学	(37)
13. 烧伤早期损害发病机理及创面愈合机理研究	(40)
14. 植物性细胞的发育生物学研究与操作系统的创建	(43)
15. 中国主要濒危植物保护生物学研究	(46)
16. 《中国植物志》、《中国动物志》、《中国孢子植物志》的编研	(49)
17. 中华民族基因组中若干位点基因结构的研究	(52)
18. 中国陆地生态系统对全球变化的反应模式研究	(55)
19. 秦岭造山带岩石圈结构、演化及其成矿背景	(58)
20. 陆相薄互层油储地球物理学理论和方法研究	(62)
21. 我国干旱、半干旱区 15 万年来环境演变的动态过程与发展趋势	(66)
22. 日地系统能量传输过程的研究	(69)
23. 华北平原节水农业应用基础研究	(73)
24. 中国地区大气臭氧变化及其对气候环境的影响	(76)
25. 地表遥感信息传输及其成像机理研究	(79)
26. 我国自然环境材料腐蚀数据积累及基础研究	(83)
27. 材料的表面与界面研究	(87)

28. 几种新型薄膜材料基础研究	(90)
29. 生物医用材料基础研究	(93)
30. 城市与工程减灾基础研究	(96)
31. 三峡水利枢纽工程几个关键问题的应用基础研究	(99)
32. 长江三峡水轮发电机组关键技术基础性研究	(102)
33. 高密度封装的应用基础研究	(105)
34. 新型器件及其超薄层异质结外延材料和表面、界面研究	(108)
35. 复杂控制系统理论的几个关键问题——基于数学和计算机的研究	(112)
36. 光学二维并行处理系统	(115)
37. 微波等离子体及其应用基础研究	(118)
38. 技术创新研究	(121)
国家自然科学基金“八五”重大项目一览表	(124)

1. 粲物理和 τ 轻子物理研究

项目编号: 192904

批准金额: 200.00 万元

1992 年 06 月至 1996 年 06 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
00	粲物理和 τ 轻子物理研究	郑志鹏 李 金	研究员 研究员	高能实验物理	中国科学院高能物理研究所	86	43	11	7	17	
01	J/Ψ 衰变性质的研究	祝玉灿 过雅南 汪克林	研究员 研究员 教 授	高能实验物理	中国科学院高能物理研究所 中国科学技术大学	14	6	3	1	2	1
02	Ψ' 物理	顾以藩 朱永生 叶沿林	研究员 研究员 教 授	高能实验物理	中国科学院高能物理研究所 北京大学	19	11	3	1	2	2
03	τ 轻子物理的实验研究	漆纳丁 童国梁 陈宏芳	研究员 研究员 教 授	高能实验物理	中国科学院高能物理研究所 中国科学技术大学	11	3	2	2	3	1
04	北京谱仪上 D 物理的研究	毛慧顺	研究员	高能实验物理	中国科学院高能物理研究所	15	8	2	0	4	1
05	北京谱仪 Ds 物理的研究	李卫国 张长春	研究员 研究员	高能实验物理	中国科学院高能物理研究所	18	11	1	2	3	1
06	粲物理及 τ 轻子物理理论	郁 宏 吴济民	研究员 研究员	理论物理	中国科学院高能物理研究所	9	4	0	1	3	1

学术领导小组: 郑志鹏、郁忠强、李金、黄涛、马基茂、严武光。

项目组织特点: 与国家大型科学工程结合。

简 述

粒子物理是研究微观物质基本构成及其相互作用性质的科学, 其研究成果既能深化人类对微观世界的认识, 又能带来推动社会、经济发展的技术革命。粲物理和 τ 轻子物理是粒子物理中的一个重要分支, 对粲粒子和 τ 轻子的辐射、强、弱衰变的系统研究, 将会澄清粒子物理中的一些未解决的重大课题: τ 中微子质量上限是多少? QCD 预言的胶球

存在与否？其特征是什么？ J/Ψ 家族中 P_1 态粒子存在与否？轻子普适性在多大精度上成立？ Ψ' 衰变中的 $\rho\pi$ 压低现象存在与否？有没有类似的其他压低现象等等；从而检验和发展粒子物理的标准模型理论。由于我国建成了第一台正负电子对撞机（BEPC），并且工作在粲物理和 τ 轻子物理能区，从而使我们在这一能区下研究粲物理和 τ 轻子物理比世界上任何其他地方具备更先进的实验条件，这在中国高能物理界还是首次。预期的研究成果的实现，不仅有其学术上的重要意义，使中国高能物理界在世界上真正占有一席之地，更有其深远的政治和社会意义。同时，由于高能物理的研究需依赖于最先进的计算机系统，中国的高能物理界将会最先利用计算机通信，真正做到在科学研究上的同步，并将会推动我国科学界的其他领域和社会各界对现代电子计算机通信技术的应用和开发，为科研和整个社会文明的进步做出贡献。

参加项目研究的有国内外十多所高等院校、研究机构，国内单位有：中国科学院高能物理研究所、北京大学、清华大学、中国科学技术大学、山东大学、杭州大学、华中师范学院，主要学术带头人都在世界一流科学家领导下的实验室工作过，并取得出色成绩。国外的单位有：（美国）斯坦福直线加速器中心（SLAC）、加州理工学院、加州大学爱尔兰分校、麻省理工学院、夏威夷大学、克罗拉多大学、得克萨斯大学等单位，其主要带头人都是国外高能物理界最有成绩的实验组的成员，他们具有丰富的经验和背景。因此研究工作有相当基础，经验丰富，是一支学术力量雄厚的队伍。

本项研究要解决的关键科学问题有：

新粒子 $\xi(2.2)$ 的存在与否？美国的 MARK III 组在 J/Ψ 的辐射衰变中发现 $\xi(2.2)$ ，而法国的 DM2 组在 J/Ψ 的同样的辐射衰变中却得出否定的结果。按量子色动力学预言的胶子球是一种重要的粒子态，一般由两个或三个胶子组成，应产生于 J/Ψ 的辐射衰变。因此表征一个粒子是不是胶球的实验特征应该是什么？ J/Ψ 家族中按理论预言的 P_1 态粒子存在否？带有粲夸克的介子（ D 和 D_s ）、重子（ Λ_c ， Σ_c ， Ξ_c ， Ω_c ）的一般衰变特征是什么？ τ 轻子磁矩、质量， τ 中微子质量和非轻子衰变分支比的精确测量。 Ψ' 衰变中的 $\rho\pi$ 压低的现象的验证等，这些问题的解决有助于检验和发展粒子理论的标准模型，代表着当前粲物理和 τ 轻子物理研究的发展方向。

研究的内容和目标：

1. J/Ψ 能区研究课题

（1） J/Ψ 强衰变性质的研究：研究分析 J/Ψ 粒子通过强衰变的某些共振的自旋宇称特性，寻找量子色动力学预言的胶子球和含胶子球成分的混杂态。预期出 1—2 篇文章或在国际高能物理学术会议上报告。

（2） J/Ψ 的辐射衰变研究：通过 J/Ψ 的辐射衰变研究，从北京谱仪获取的实验数据中寻找胶球候选粒子，如有前述的 $\xi(2.2)$ ，精确分析出它们的量子数。预期出 1—2 篇文章或在国际高能物理学术会议上报告。

（3） J/Ψ 粒子共振参数及其衰变中粒子对产生：争取得到比世界上现有结果更精确的 J/Ψ 粒子性质数据，研究 J/Ψ 衰变到 π^+ 、 K^+ 、 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 、 $\Sigma\bar{\Sigma}$ 、 $\Xi^+\bar{\Xi}$ 等各种介子对和重子对的分枝比，角分布等。预期出 2—4 篇文章或在国际高能物理学术会议上报告。

（4） J/Ψ 的衰变中纯中性事例的研究：中性能发是北京谱仪的特色之一，也是可能

超过国外有关实验成果的工作；可研究 J/Ψ 衰变末态为纯中性粒子的事例，计算分支比，分析自旋宇称，检验 $G(1950)$ 的存在与否。预期出 1—2 篇文章或在高能物理学术会议上报告。

(5) J/Ψ 衰变性质研究中的理论分析：力求做出更准确更深刻的物理结果，对实验工作从理论上提出建议和指导，并对新的实验结果给出合理的解释。预期出 4—6 篇文章。

2. Ψ' 能区研究课题

精确测量 Ψ' 和 Ψ 的纯粒子衰变分支比；证实 Ψ' 强衰变中“ $\rho\pi$ 压低”现象存在；并检查是否有新的强衰变压低模式存在；寻找 $\eta'c$ 粒子及矢量胶球等。预期出 1—2 篇文章，在国内外高能物理学术会议上报告。

3. 高能区 (4—5.6GeV) 上的研究课题

(1) D_s 物理的研究：在 4.03GeV 能区上测定 $D_s \rightarrow \varphi\pi$ 的绝对分支比，寻找 D_s 纯轻子衰变事例，测量衰变常数 f_{D_s} ，寻找新的 D_s 强子衰变道等。预期出 1—2 篇文章或在高能物理学术会议上报告。

(2) 研究 4.03GeV 能区三种事例 DD 、 DD^* 、 D^*D^* 的产生截面并检验耦合道理论模型。测量 D 粒子的纯轻子衰变或强子衰变的分支比。

(3) τ 轻子物理的研究：测量和分析 τ 轻子质量、磁矩、 τ 中微子质量以及测定非轻子衰变分支比。预期出 1—2 篇文章或在国际高能物理学术会议上报告。

这些课题的研究和预期目标的实现，将使我国在粲粒子和 τ 轻子物理研究方面做出重要贡献，同时可望为我国高能物理界培养出一支具有国际先进水平的跨世纪的青年科技队伍，与世界高能物理研究接轨。

2. 现代核分析技术研究及其在若干环境问题中的应用研究

项目编号: 19392100

批准金额: 250.00 万元

1993 年 10 月至 1997 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
00	现代核分析技术研究及其在若干环境问题中的应用研究	柴之芳	研究员	核分析	中国科学院高能物理研究所	105	48	31	4	7	8
01	分子活化分析方法研究	孙景信	研究员	放射化学	中国科学院高能物理研究所	13	5	3	2	2	1
02	扫描核子微探针方法学研究	盛康龙 任炽刚	研究员 教 授	核技术应用	中国科学院上海原子核研究所 复旦大学	17	7	6	1	1	1
03	X 射线能谱分析研究	胡朝晖 刘世杰	副研究员 副研究员	核分析	中国科学院高能物理研究所	8	4	4			
04	加速器质谱计性能升级与分析方法研究	郭之虞	教 授	核物理	北京大学	17	11	4			2
05	现代核分析方法质控研究	田伟之 柴之芳 邵涵如	研究员 研究员 副研究员	核化学	中国原子能科学院 中国科学院高能物理研究所	14	7	5			1
06	新生代巨大撞击事件诱发古生态环境灾变效应	欧阳自远 毛雪瑛	研究员 副研究员	地球化学	中国科学院地球化学研究所 中国科学院高能物理研究所	13	4	5		1	
07	核分析研究水、土、植物体系中稀土元素形态、生物效应	章 申 王玉琦	研究员 副研究员	地球化学	中国科学院地理研究所 中国科学院高能物理研究所	11	5	3		1	1
08	用 AMS 方法研究 DNA 与毒物分子加合和大气甲烷来源	刘元方	教 授 院 士	放射化学	北京大学	12	5	1	1	3	2

学术领导小组: 柴之芳、刘元方、欧阳自远、章申、孙景信、盛康龙、郭子虞、田伟之、任炽刚、胡朝晖。

联合研究单位: 中国科学院高能物理研究所、北京大学、中国科学院上海原子核研究所、复旦大学、中国科学院地球化学研究所、中国科学院地理研究所、中国原子能研究院。

项目组织特点: 跨学部组织。

简 述

现代核分析技术是一门以粒子与物质的相互作用、核效应及核谱学等为基础由多种方法组成的综合技术。具有灵敏度高、准确度好、微区分析、可同时测定多种元素、不破坏样品等特点,往往可以起到一般非核分析方法难以起到、甚至无法起到的作用。因此研究并发展核分析技术是当前国际核科学界十分活跃的热点之一。

环境问题关系人类生存和社会持续发展,世界各国政府、科技界和社会公众对环境科学的一些前沿问题都给予极大关注。现代核分析技术是研究生态环境问题不可缺少的重要手段,例如:研究灾变环境的铂族元素丰度的分析测量,世界各国均无例外地采用中子活化分析;研究与环境科学有关的 ^{14}C 、 ^{10}Be 等测定,都已趋向采用加速器质谱分析。

本项目旨在研究和发展与若干环境前沿问题有关的现代核分析技术,主要是分子活化分析、扫描质子微探针分析、高性能X射线能谱分析和加速器质谱分析,提高核分析技术的灵敏度、分辨率、精密度和准确度,以适用于研究若干环境问题中典型元素和核素特征的需要。同时研究一些重要环境科学中典型元素的丰度特征及其赋存状态,阐明具有全球意义和我国急待解决的若干环境科学的前沿问题,推动边缘交叉学科发展。

本项目的研究内容分为两大方面:发展现代核分析技术;核分析技术在若干环境问题中的应用。重点放在前一方面。

1. 现代核分析技术研究

(1) 分子活化分析方法研究:建立可用于研究铂族元素、稀土元素、重要生物必需元素和有毒元素等赋存状态和化学种态的分子活化分析方法。拟将特效的化学、生物、物理等分离技术与传统的中子活化分析法相结合,从分子水平或细胞水平研究上述元素在若干环境体系中的行为,为相关学科的研究提供重要的科学依据。要求分析灵敏度达 ng/g 量级,准确度为 $\pm 10\%$ 。

(2) 扫描核子微探针方法学研究:改进现有微探针系统的微束系统和数据获取处理系统,利用计算机图象重建和全息图象消模糊方法,使核子微探针的空间分辨率提高至 $0.5\mu\text{m}$,流强达 pA 量级。

(3) X射线能谱分析研究:研制流气式位置灵敏正比计数器,建立1台对软X射线能量分辨率为 eV 量级的平面晶体波长色散位置灵敏谱仪。与分子活化分析相结合,用不同激发方式作稀土元素微量分析和化学态研究,及用于一些轻元素化学态的分析,这将使低能X射线分析提高到一个新水平。

(4) 加速器质谱分析研究:拟对现有的加速器质谱计进行改造升级,提高其性能,使 ^{14}C 与 ^{10}Be 的分析灵敏度达到 10^{-15} 量级,使 ^{14}C 测量的精度达到 0.5% 至 1% ,同时提高系统的可靠性与自动化程度,增加年测样能力。还与若干环境子课题配合,建立相应的分析方法。

(5) 现代核分析技术质控研究:建立符合国际规范的、用于核分析方法质量控制的环境样品标本库。研制2至3种微量元素分布均匀度为 $\pm 5\%$ 的微区分析标准参考物质。利用全面参量化方法,使中子活化分析法首次成为若干微量元素的标准分析方法。使我

国的核分析技术质控提高到 90 年代国际先进或领先水平。

2. 核分析技术在若干环境问题中的应用研究

(1) 新生代巨大撞击事件诱发古生态环境灾变效应研究: 利用分子活化分析、扫描核子微探针等技术, 全面系统地研究新生代以来两次巨大撞击事件的地球化学记录及基本特征, 探讨其诱发的古气候、古生态与古环境的灾变效应及其撞击模型和理论。为过去全球变化、冰期成因、古生态环境演变、古生物进化、地层对比和新生代地球演化史提供新的科学依据。

(2) 水-土-植物体系中稀土元素形态及生物效应研究: 采用现代核分析技术与环境地质学、环境生物学相结合的方法, 研究水-土-植物体系中稀土元素赋存形态和分布模式, 并从个体、器官、细胞水平研究其生物效应, 促使稀土元素环境行为的研究由全量深入到形态、由混合稀土提高到单一稀土元素的水平, 为农业增产、防止稀土元素污染生态环境、发展稀土环境科学提供科学的理论依据。

(3) 用加速器质谱分析技术研究脱氧核糖核酸 (DNA) 与毒物分子加合和大气甲烷来源: 用加速器质谱分析法测定环境水平剂量的 ^{14}C 标记的烟碱及烟碱亚胺与鼠肝和血液淋巴细胞的 DNA 的加合物, 创建一个灵敏的测定毒物和药物遗传毒性的方法, 为研究毒物分子的致癌机理以及通过遗传毒性筛选新药等作出重要贡献。本课题还用加速器质谱分析法测定不同来源甲烷中 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 的特征比值, 确定我国各种甲烷源对大气甲烷的相对贡献, 将对给出我国甲烷排放的总貌, 为全球温室效应气体甲烷的研究, 提供重要数据。

本项目的特色在于多学科的交叉和联合, 这将有助于深化对若干环境前沿问题的研究, 有可能揭示新的科学现象, 给出新的科学解释。本项目集中了国内核分析技术及其在环境中应用领域内的一批优秀科研人员, 各承担单位均在上述领域中有一定代表性, 在长期科研工作中已形成各自特色, 有的课题组在国际上已有一定影响。本项目还能获得“中科院核分析技术开放实验室”、“同步辐射国家实验室”、“重离子物理开放实验室”、“环境地球化学国家实验室”的支持和资助, 具有相当先进的实验条件。

本项目预期研究成果:

1. 建立可实现元素化学种态研究的分子活化实验室及其相应的分析方法, 将成为国际上可从事这类高水平研究的为数不多的实验室之一。

2. 建立空间分辨率达到亚微米量级的扫描核子微探针, 可实现对样品的微区分析, 达到国际先进水平。

3. 将传统的能量分辨为 100 eV 量级的 X 射线能谱分析法改进到 1 eV 量级, 提高 100 倍, 从而可实现元素化学种态的研究。

4. 将现有的加速器质谱计性能提高 1 个档次, 在分析灵敏度、精度及分析能力等方面达到国际先进水平。

5. 建立我国第一个符合国际规范的环境标本库、制备出我国第一批微区分析标准参考物质、发展一套在国际上领先的核分析标准方法。

6. 弄清新生代 240my 和 70my 两次地质事件的成因、环境效应及其规模。

7. 阐明稀土元素在环境体系中的行为及其效应。

8. 建立灵敏度比传统方法高数个量级的、可测定有机毒物和 DNA 加合的新方法,这将是国际上第二个可从事这类研究的实验室。

9. 阐明大气甲烷的来源及对全球温室效应的贡献。

通过本项目的实施,预期在国内外主要刊物上发表论文 100 篇,出版 2 本专著,组织 1 至 2 次国际学术会议,培养 20 名博士生和硕士生。

3. 材料损伤、断裂机理和宏微观力学理论

项目编号：19392300

批准金额：450.00 万元（国家科学基金与国家攀登计划共同资助）

1993 年 11 月至 1997 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
00	材料损伤、断裂机理和宏微观力学理论	黄克智	教 授	固体力学	清华大学	196	62	29	16	31	38
		肖纪美	教 授	材料	北京科技大学						
01	细、微观变形、破坏模型和基本理论	王自强	研究员	固体力学	中国科学院力学研究所	34	10	6	3	3	4
02	损伤与断裂的宏微观过程	余寿文	教 授	固体力学	清华大学	29	12	5	4	6	2
03	变形与损伤的局部化理论	白以龙	研究员	固体力学	中国科学院力学研究所	26	6	4	2	4	6
04	材料界面在疲劳和断裂过程中作用的基础性研究	王中光	研究员	金属物理	中国科学院金属研究所	35	10	7	2	5	10
05	典型材料与微结构的强韧化化学原理	杨 卫	教 授	固体力学	清华大学	38	16	3	2	7	8
06	环境断裂机理研究	褚武扬	教 授	材料	北京科技大学	34	8	4	3	6	8

学术领导小组：黄克智、肖纪美、白以龙、王自强、余寿文、王中光、林实、杨卫、褚武扬。

联合研究单位：清华大学、北京科技大学、中国科学院力学研究所、中国科学院金属研究所、西安交通大学、大连理工大学、中国科学院固体物理研究所、中国科学院上海硅酸盐研究所。

项目组织特点：跨学部组织，科学基金“七五”重大项目延续、深化。

简 述

材料的破坏过程是力学家与材料学家为之奋斗了近一个世纪的多尺度、跨学科难题。美、日等国因材料断裂、疲劳、腐蚀、磨损造成的经济损失占国民经济总值的 6—8%。据劳动部统计，我国在 80 年代发生的锅炉和压力容器的爆炸事故约 5000 起，比工业化国家高 10 倍（其中恶性事故高 100 倍），人员累计伤亡近万人，居国内劳动安全事故第二位。各工业先进国家无不投入巨大人力财力研究材料的损伤断裂机理。宏观断裂力学的发展曾推动了 30 年来材料破坏研究面貌的改观，而以宏微观结合理论为重要标志的破坏

科学正成为国际当代力学和材料科学交叉领域在 90 年代的研究前沿。美国一些研究决策机构 (NSF、ASME、DARPA、ONR) 均大力资助这一新兴研究领域。它的出现将使人们对材料破坏行为的认识上升到一个新高度, 从而将材料宏观失效与其细观结构及更深层次内发生的断裂物理、断裂化学机理相联系, 推动力学界思维方式的更新和材料科学的定量化发展, 促进力学、材料科学、物理学、化学领域的学科交叉与深化。

我国在损伤、断裂机理和宏微观力学研究领域, 已做出不少国际上有影响的工作: 扩展裂纹尖端场的研究, 氢促进位错的增殖运动, 用不稳定理论分析剪切带的形成与流动局部行为, 高速变形的流体弹塑性理论等。在细观塑性理论方面的工作已步入国际先进水平, 在滑移多晶体和细观相变塑性理论方面的研究已取得国际领先的成果。

本研究“材料损伤、断裂机理和宏微观力学理论”, 将通过引入多层次的缺陷背景和损伤、断裂机理, 如细观层次的微孔洞、微裂纹、界面和剪切带等破坏基元和微观层次的疲劳物理损伤、韧脆转变和氢致断裂等断裂机理, 研究材料从变形、损伤至失效的全过程, 其研究成果将为我国在 90 年代降低破坏现象导致的经济损失及显著减少劳动事故奠定基础, 具有直接或间接经济和社会效益。

项目的总体学术思想是: 把微观观测、性能测试、理论模型、数值计算和计算机模拟紧密结合起来, 使微观、细观尺度上揭示的变形、损伤和断裂的基本物理规律与定量刻划该物理过程的宏微观力学理论相联系, 从而实现可操作的材料-力学、宏观-细观-微观、实验-计算-理论的结合研究。

研究的重点内容及预期目标:

1. 从原子、分子、晶体滑移和材料微结构诸层次, 探讨材料细观变形过程的主要模式; 建立可沟通材料物理学和连续介质力学的细观力学桥梁, 提出并建立分子固体力学和离散滑移理论的新概念。

2. 建立在细观基础上的唯象损伤理论; 引入特征单元理论, 将分形描述推进至屈服与损伤的定量化研究; 确认纳米级微裂纹在裂纹尖端无位错区的形核、钝化成孔洞或扩展成解理裂纹的物理机制并进而开展力学分析。

3. 建立均匀变形-损伤场向局部化状态转变的物理力学条件; 发展多尺度跨度的实验手段、分析方法和计算格式; 确定和跟踪局部化演化诸阶段的微细观特征; 对材料细观结构和损伤单元的二维和三维定量评定。

4. 探讨单、双晶体早期疲劳损伤的微观机理; 研究循环载荷下材料界面变形与断裂行为; 建立界面裂纹的连续介质模型、裂端发射位错的力学模型和内聚力模型; 发展对材料界面的晶体力学模型和计算机模拟技术。

5. 探讨由控制裂纹断裂过程区形貌而达到强韧化的力学定量化设计原理; 阐明多层界面界面设计的细观力学原理; 制备 CN_x 超硬膜, 并发展膜类结构的强韧化力学; 对一种或数种典型强韧材料实现具有突破意义的材料闭环强韧设计, 并发展相应的微结构计算力学方法。

6. 从氢促进局部塑性变形出发, 结合弱链理论和氢压理论, 建立全新的氢致开裂机理; 提出韧脆转变微观判据, 揭示氢致韧脆转变的本质; 从位错角度出发建立阳极溶解应力腐蚀新机理。

本项研究将以宏微观结合和定量化描述为主要标志体现其先进性，预期可望取得一批国际先进水平的理论研究成果，并为新一代结构安全评定方法提供理论依据。

本项研究体现了三重意义上的有机结合。一是从变形、损伤到断裂这一破坏过程上进行结合，突出了微裂纹、微孔洞、局部化和界面这四种损伤基元及腐蚀环境和氢的影响。二是体现了从微观、细观到宏观的研究尺度上的结合，研究从纳米级到毫米级的微裂纹理论，从原子尺度到宏观形态的孔洞形成，从宏观到细观的局部化过程，从宏观到原子尺度的界面结构与损伤断裂机制，从纳米到细观尺度的环境断裂机理。三是体现了力学家与材料学家的结合，力学与材料科学研究的互补性和依赖性。在每一个研究内容中都需要力学家和材料学家的充分合作，才能取得高水平的研究成果。

项目研究内容的提出既体现了国际力学与材料科学在这一领域的最新研究趋势，也注意到了国内基础性研究队伍的聚集状态与优势所在。本项目联合承担单位和大部分研究人员，在“六五”与“七五”期间参加了国家科学技术委员会和国家自然科学基金委员会设立的多项有关重大项目，为材料损伤、断裂机理和宏微观力学理论研究工作地开展培养了一支有较强能力和较高水平的老中青结合、力学与材料科学相互渗透的科研队伍。经过今后几年的奋斗，这支有机协调的队伍可望取得一批具有世界先进水平的研究成果，促进和推动力学和材料科学这两个学科领域的深入发展和相互交缘。