

中国科学院高能物理研究所

年報

1990



1991年6月

# 前 言

1990年是“七五”计划的最后一年,经过全所同志的艰苦努力,完成了北京正负电子对撞机工程及一批科研设施的建设。在高能物理基础研究、工程技术发展研究、同步辐射及核技术应用研究方面取得了丰硕的成果。“北京正负电子对撞机(BEPC)”和“北京谱仪(BES)”获1990年度国家科技进步奖特等奖。“北京35 MeV质子直线加速器”获中国科学院科技进步奖一等奖。还有获院科技进步奖二等奖2项,三等奖1项;获院自然科学奖二等奖1项,三等奖1项。学术交流与国际合作蓬勃展开,科技开发日益发展,各项管理工作逐步改善。

现将本期年报内容概括介绍如下:

## 对撞机工程进展

北京正负电子对撞机自1988年10月16日首次对撞成功以来,一直稳定地运行,保证了北京谱仪的物理实验和同步辐射的初步应用。

电子直线加速器能量稳定在1.10 GeV,电子束流强1A;正电子束为5 mA;速调管平均功率为17 MW,使用已达18000小时;全年运行266天(达6000小时)。

储存环对撞能量1.55 GeV时,最高峰值亮度达到 $2.63 \times 10^{30} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,平均亮度为 $(0.7-0.8) \times 10^{30} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,能散度为 $(0.64-0.8) \text{MeV}$ ,对撞束寿命8-10小时,全年运行239天(达5400小时),其中北京谱仪和同步辐射使用145天(达3500小时)。

北京谱仪在年内初步实现了中性触发,上半年获取300万个 $J/\psi$ 事例,经过暑期检修,BES性能进一步改进,可以在高亮度(约 $2 \times 10^{30} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )下稳定运行。数据获取系统的死时间得到改善,计数率和好事例均有所提高。至年底又获取300万个 $J/\psi$ 事例。对约一半的数据进行了事例分类和径迹重建,物理课题的研究已进入定量分析阶段。

北京同步辐射装置(BSRF)处于全面调试,试运行阶段。同步辐射三个窗口的五条光束线以及大部分实验站已建成,其相应的各实验站在与光束线进行联调的同时,开展了初步的应用研究。

1990年7月21日,由国家计委主持,国家计委、国家科委、中国科学院及有关部委、研究单位二百余名专家、学者参加的验收会,对BEPC工程通过了国家验收,给予了高度的评价。

1990年8月2-8日在新加坡举行的第25届国际高能物理会议上,我所在分组会和全体会上分别报告了北京正负电子对撞机的现状和北京谱仪第一年获取对撞数据的情况,受到与会者的极大关注与高度评价。这是有史以来中国代表第一次在国际高能物理全体会议上报告自己的物理工作。海峡两岸的中国科学家均感到骄傲自豪。中国已在国际高能物理界占有一席之地。

1990年12月25-27日,中国科学院主持召开了“北京同步辐射装置1991年度用户会”。全国40多个单位的120多名代表参加了会议。促进了BSRF国内开放,更好地开展同步辐射应用研究。

试验束成功地检测到动量150-600 MeV/c的光生 $\pi$ 介子。六月通过中国科学院的技术鉴定,并提供探测器的刻度与应用工作。

计算中心配合北京谱仪离线数据分析的同时抓紧了计算中心的建设。VAX6330投入运行,主机CPU能力提高到20MIPS;VAX机局域网络扩展近30个结点,并正式进入国际计算机通讯网络,通信质量大大提高,改进了计算环境及计算机网络环境。

## 基础研究和应用基础研究

科学研究围绕粒子物理、宇宙线物理及核分析核技术应用开展基础研究及应用基础研究,对全所101个科研课题进行跟踪管理。

在理论物理研究方面,与实验研究人员密切配合在粲物理理论研究方面,做了许多工作;同时在当前国际前沿的一些重要领域,例如标准模型检验、核内夸克自由度等方面取得了一些高水平的成果。

在宇宙线和高能天体物理方面,中日合作的西藏羊八井空气簇射阵六月下旬投入正式运行,对可能的超高能宇宙 $\gamma$ 射线源进行常年的漂移扫描观测。怀柔空气簇射阵通过院级鉴定,六月开始观测运行。兴隆大气契仑柯夫望远镜经过改进从三月开始运行,也取得初步结果。此外,我所还与苏联科学院合作进行了中苏长时间气球飞行试验。

我所参加CERN的LEP对撞机L3组和ALEPH组的实验数据获取与分析工作都有所进展。此外,还开展了新型探测器的研制。

核分析核技术应用方面,我所承担的五项国家“七五”攻关项目已全部完成并通过国家鉴定,各类基金和委托课题进展良好,获得一批成果。

质子直线加速器全年运行4000小时。制备成功大剂量铊-201药剂,经卫生部药检所鉴定,达到美国药典水平;并完成了30例临床试验。中子治癌研究方面,完成了中子放射物理学有关实验;并与外单位合作在中子放射生物学实验方面进行了细胞水平的中子辐照试验,取得了较好的结果。

高技术跟踪项目“自由电子激光”的4个课题,基本完成了实现自发辐射及光振荡实验的各项准备工作。

## 科技开发

1990年我所科技开发工作在“调整、健全、扶植、开拓”的方针下,经济效益和开发管理都取得了长足进步。针对我所实际情况,横向开发创收方式和公司模式的开发,取得了较好的开展。由所直接管理的国际开发,在工厂和有关室共同努力下,除完成美国和意大利加速器出口外,还完成了为南朝鲜承制的80 MeV电子直线加速器的大部分设备,第一批

已发往南朝鲜。

根据中国科学院关于“收缩数量，提高质量”的要求，我所对公司进行了进一步的清理、整顿，撤消了“同力公司”。1990年，三高、高能、中原、四达公司和设计所以技工贸结合，获得了较好的经济效益和社会效益。

为科辐公司承制的辐照加速器已运抵烟台进行安装并调试出束，达到设计能量。

## 学术交流与国际合作

开展国内外学术交流，有利于活跃学术思想，激发科研人员的创造性；有利于促进学科间的相互渗透，促进科研工作的交流和培养人才。所、室、课题组组织的学术活动和参加国内的学术会议均取得了很好的效果。组织了“全国聚物理讨论会”和“同步辐射91年度用户会议”等，同时有23位同志出席了“第25届国际高能物理会议”等14个大型国际学术会议。理论物理方面全年出席国内外学术会议达25个，发表论文84篇，其中半数发表在国内外刊物上，出预印本41篇。全年全所在国内外学术刊物上发表论文达300余篇。

为了激发青年人的进取精神，1990年评出5位青年优秀科技工作者，评选优秀青年论文10篇。

我所主办的《高能物理与核物理》学报，被评为中国科学院优秀自然科学期刊二等奖。《现代物理知识》获中国物理学会优秀科普杂志奖。全年出版《北京对撞机通讯》中英文版各六期，出版了《张文裕论文选集》并编辑完成《赵忠尧文集》。内部编辑印刷了“对撞机画册”、“高能所研究生学位论文摘要汇编”、“第五届宇宙线会议文集”、“粒子加速器四十年发展科技学术报告会论文集”等。

全年接待来访和顺访外宾达200人次，派出156人次。其中执行与美国、西欧、意大利、日本、南朝鲜、苏联各高能物理实验室合作协议请进56人，派出69人。

1990年10月，中美高能物理联合委员会第十一次会议期间，美方提出与我所合作利用BES进行高能物理实验研究。12月美国斯坦福直线加速器中心里克特教授一行专程来访，与我所草签了“理解备忘录”。同时，我所已派出人员参加美国SSC、L\*及SDC合作，此外，我所还与南朝鲜浦项理工学院讨论了下一步的合作，并签署了合作意向书。

方守贤

1991年2月22日

## 所领导机构

所 长	方守贤		
副 所 长	李德中	陈森玉	郑志鹏
	徐绍旺	马彤军	
顾 问	霍安祥		
党 委 书 记	李德中		
党 委 副 书 记	王书鸿	初福钊	

## 北京正负电子对撞机工程

经 理	方守贤
副 经 理	陈森玉
总 工 程 师	章 炎
总 工 艺 师	徐绍旺
副 总 工 艺 师	石寅生
总 经 济 师	王恒久

## 科学技术委员会

主 任	郑林生
副 主 任	唐孝威 郁忠强
	刘世耀 郑 民
秘 书	余书炎

# 目 录:

前 言 .....	(.6.)
一、理论物理 .....	(1)
1. 粒子物理 .....	(1)
1.1 粒子物理理论和场论 .....	(1)
1.1.1 弱相互作用的唯象理论、夸克物理和 CP 破坏 .....	(1)
1.1.2 关于质子自旋的理论解释 .....	(1)
1.1.3 QCD 理论及其应用 .....	(1)
1.1.4 超对称方面 .....	(2)
1.1.5 标准模型及重玻色子 .....	(2)
1.1.6 $J/\psi$ 物理学 .....	(2)
1.1.7 格点规范理论 .....	(2)
1.1.8 EMC 效应的相对论性双层卷积模型 .....	(2)
1.2 数学物理 .....	(3)
1.3 引力理论和宇宙学 .....	(3)
1.4 其它 .....	(3)
1.4.1 测量 $e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}$ 中的强子事例的性质 .....	(3)
1.4.2 三胶子顶点的研究 .....	(3)
2. 中高能核理论 .....	(4)
2.1 核内的夸克自由度 .....	(4)
2.2 介子-核相互作用 .....	(4)
2.3 EMC 效应及其它物理问题 .....	(4)
2.4 高能核碰撞 .....	(5)
2.5 原子核集团结构 .....	(5)
2.6 原子核的双 $\beta$ 衰变 .....	(5)
二、实验物理 .....	(6)
1. 宇宙线物理 .....	(6)
1.1 高山乳胶室实验 .....	(6)
1.2 广延大气簇射研究 .....	(6)
1.3 地面宇宙线实验的物理研究 .....	(7)
1.4 甚高能 $\gamma$ 射线天文观测 .....	(7)

<b>2. 高能天体物理</b> .....	(7)
<b>2.1 高能天体物理实验</b> .....	(7)
2.1.1 复合晶体闪烁计数器的研制 .....	(7)
2.1.2 高压充氙多丝正比室及硬 X 射线空间望远镜 .....	(7)
2.1.3 空间观测数据获取系统研制 .....	(8)
<b>2.2 高能天体物理理论研究和数据分析</b> .....	(8)
<b>2.3 科学气球</b> .....	(8)
2.3.1 新球膜材料 .....	(8)
2.3.2 气球飞行 .....	(9)
2.3.3 中苏长时间气球飞行 .....	(9)
<b>3. 国际合作</b> .....	(10)
3.1 ALEPH 国际合作 .....	(10)
3.2 L3 国际合作 .....	(10)
3.3 LVD 国际合作 .....	(11)
<b>4. 其它物理工作</b> .....	(11)
4.1 试验束 .....	(11)
4.2 $^{48}\text{Ca}$ 双 $\beta$ 衰变的实验研究 .....	(12)
4.3 磁约束电子云的理论 and 实验研究 .....	(13)
4.4 高温超导膜探测粒子研究 .....	(13)
4.5 引力物理 .....	(13)
4.6 硅微条探测器 .....	(14)
4.7 超子辐射衰变物理工作 .....	(14)
4.8 核聚变产物多参数测量系统的研制 .....	(14)
<b>三、北京正负电子对撞机</b> .....	(16)
<b>1. 电子直线加速器</b> .....	(16)
1.1 运行 .....	(16)
1.2 维修和改进 .....	(17)
<b>2. 储存环</b> .....	(17)
2.1 运行 .....	(17)
2.2 改进 .....	(18)
2.3 各分系统维修、改进 .....	(18)
<b>3. 机械与真空</b> .....	(19)

4. 自控与束测 .....	(19)
4.1 BEPC 控制系统 .....	(19)
4.2 束流测量系统 .....	(20)
5. 北京谱仪 .....	(20)
5.1 BES 进展 .....	(21)
5.2 数据分析 .....	(23)
5.3 存在的问题 .....	(23)
6. 同步辐射装置(BSRF) .....	(24)
6.1 前端、束线及真空 .....	(24)
6.2 插入件 .....	(25)
6.3 形貌学站 .....	(25)
6.4 EXAFS 实验站 .....	(26)
6.5 光电子能谱实验站 .....	(26)
6.6 衍射站 .....	(26)
6.7 小角散射实验站 .....	(26)
6.8 光刻站 .....	(27)
6.9 荧光实验站 .....	(27)
6.10 软 X 光实验站 .....	(27)
6.11 “八五”规划方面 .....	(28)
7. BEPC 工程通过国家验收 .....	(28)
7.1 BEPC 工程国家验收依据 .....	(28)
7.2 BEPC 工程国家验收鉴定意见 .....	(29)
8. BEPC 工程获奖 .....	(29)
<b>四、质子直线加速器及其应用 .....</b>	<b>(30)</b>
1. 运行与改造 .....	(30)
2. 医用同位素的研制与生产 .....	(30)
3. 中子治癌研究 .....	(30)
4. 其它基础及应用研究 .....	(30)
<b>五、核技术及其应用 .....</b>	<b>(31)</b>
1. 核物理及其应用 .....	(31)



1.1 X 射线荧光分析(XRF) .....	(31)
1.2 穆斯堡尔谱学 .....	(31)
1.3 正电子湮没物理 .....	(31)
1.4 离子束分析应用 .....	(32)
1.5 质子激发 X 荧光分析及应用 .....	(32)
1.5.1 生物医学与微量元素的关系 .....	(32)
1.5.2 材料中痕量元素的研究 .....	(32)
<b>2. 核化学及其应用 .....</b>	<b>(33)</b>
2.1 中子活化分析 .....	(33)
2.1.1 长江水系水环境中稀土和稀有元素背景值研究 .....	(33)
2.1.2 土壤中元素背景值及找矿指示作用研究 .....	(33)
2.1.3 大气化学研究 .....	(33)
2.1.4 铀的赋存状态和富集机制的化学研究 .....	(33)
2.1.5 新疆西准噶尔蛇绿岩微量元素和稀土元素的地球化学 .....	(33)
2.1.6 生物圈的微量元素研究 .....	(34)
2.1.7 中子活化分析专家系统 .....	(34)
2.2 正电子湮没谱学 .....	(34)
2.3 核径迹技术 .....	(35)
2.3.1 裂变径迹测定地质年代标准化刻度的研究 .....	(35)
2.3.2 可乐定 TTS 的研制 .....	(35)
<b>3. 低能加速器 .....</b>	<b>(35)</b>
3.1 金属离子注入机研制进展 .....	(35)
3.2 工业辐照、消毒用电子直线加速器 .....	(36)
3.3 辐射交联生产用电子加速器的研制 .....	(36)
<b>六、核电子学 .....</b>	<b>(37)</b>
1. 北京谱仪电子学系统 .....	(37)
2. 为全所的科研和工程服务 .....	(37)
<b>七、计算机及其应用 .....</b>	<b>(38)</b>
1. 计算中心环境建设 .....	(38)
2. 科研工作 .....	(39)
<b>八、辐射剂量监测与防护 .....</b>	<b>(40)</b>

1. 辐射剂量监测系统及主要数据.....	(40)
1.1 工作区域辐射监测 .....	(40)
1.2 环境监测 .....	(40)
1.3 个人剂量监测 .....	(41)
1.4 流出物监测 .....	(41)
2. BEPC 周围辐射场研究工作.....	(43)
2.1 同步辐射实验厅内辐射剂量的测量 .....	(44)
2.2 环境空间辐射来源的调查 .....	(44)
九、自由电子激光 .....	(45)
1. 微波电子枪 .....	(45)
2. 速调管调制器 .....	(45)
3. 束流测量 .....	(45)
4. 加速器物理 .....	(46)
5. 加速器实验 .....	(46)
6. 物理实验和束诊断 .....	(46)
十、重要学术活动 .....	(49)
十一、工厂 .....	(53)
十二、科技开发 .....	(54)
十三、科研管理、技术后勤和行政管理 .....	(57)
附 录	
1. 本所编辑和出版的刊物及资料 .....	(62)
2. 预印本目录 .....	(63)
3. 专著及在学术刊物上公开发表的论文目录 .....	(68)
4. 所内学术报告及讨论会 .....	(87)
5. 我所举办的全国性学术会议 .....	(91)
6. 在国际会议及全国性学术会议上提出的报告 .....	(92)
7. 接待外宾及学术交流情况 .....	(104)
8. 1990 年派出人员 .....	(112)
9. 1990 年通过论文答辩取得学位的人员名单 .....	(118)

# 一、理论物理

## 1. 粒子物理

1990年粒子物理理论组在往年工作的基础上,对粒子物理理论、引力理论和宇宙学、数学物理等方面开展了研究,共发表学术论文58篇,向国内外会议共提供报告17个。

### 1.1 粒子物理理论和场论

#### 1.1.1 弱相互作用的唯象理论、夸克物理和 CP 破坏

实验上测  $D_s$  各衰变道分枝比时的一个重要不确定因素是  $D_s \rightarrow \phi\pi$  的绝对分枝比。实验上现在测的只是各道对  $D_s \rightarrow \phi\pi$  的相对分枝比。从  $D^0 \rightarrow K^*\pi$  实验数据出发估算出  $B_r(D_s^+ \rightarrow \phi\pi^+) \sim 2.4\% - 6.5\%$ 。给出了 Top-介子衰变的 SU(3)对称性预言,发现了一些不同衰变道分枝比之间的关系。研究了末态相互作用位相对  $B_d \rightarrow D^+D^-, \pi^+\pi^-, K^+\pi^-$  衰变中 CP 破坏的影响。发现这个影响是很大的,且纠正了国外文献中的错误。系统分析了  $B_d, B_s$  两体重子或超子衰变中的 CP 破坏,估算了 CP 不对称参数和检验所需的  $b\bar{b}$  对,并讨论了最易检验的衰变道。提出了一组容纳四代费米子的具有多个 Higgs 二重态的 SU(2) × U(1) 模型,这些模型可给出自发 CP 破坏和自然的味守恒。讨论了 KM 矩阵和夸克质量之间的关系。在一些假定前提下预言 Top 夸克质量和第四代夸克质量的范围。提出一个具有三代费米子模型,并可容纳自发 CP 破坏。预言  $55 \text{ GeV} < M_{\text{top}} < 90 \text{ GeV}$ 。

#### 1.1.2 关于质子自旋的理论解释

EMC 轻子极化深度非弹散射实验中所观测的较小的积分自旋结构函数,可以通过考虑 Melosh 转动的效应,在朴素夸克模型中得到自然的解释。问题的关键基于如下两个事实:轻子深度非弹所探测的是光锥夸克而不是等时夸克;质子的自旋应为 Melosh 转动后的光锥夸克自旋的迭加,而不是光锥夸克自旋的直接迭加。

#### 1.1.3 QCD 理论及其应用

讨论了在强子碰撞实验中用截面差方法测定耦合常数  $\alpha_s$  的优越性。提出了介子波函数的一种形式,并讨论了它们的性质,同时系统计算了 D 介子与 B 介子的衰变过程。其中 D 介子的衰变与 BEPC 工作有关。另外,对现有的所有关于  $\pi$  介子的波函数形式作了一个详细的讨论,讨论了它们对物理过程的符合程度。还计算了轻的赝标介子的质量谱及衰变常数,这是应用非微扰 QCD 对单胶子交换势的修正。另一方面,利用关于夸克凝聚的自治方程提出了一种计算夸克凝聚的半唯象方法,结果是合理的。另外,还讨论了复合模型对 Z

粒子强子衰变宽度的影响,这可在 LEP 的高统计测量中检验。

#### 1.1.4 超对称方面

讨论了至所有阶都有限的  $N=1$  的超对称 Yang-Mills 理论存在的一般条件。

#### 1.1.5 标准模型及重玻色子

建议了两个 Skyrme 的模型,一个是用矢量玻色子  $Z_{\mu 0}$  和  $W_{\mu \pm}$  可以稳定由 Higgs 形成的 Soliton,另一个是 Skyrmions 可以由三个 Preons 通过 Higgs 形成。

用另一种模型计算了额外  $Z'$  玻色子到  $\mu^+\mu^-$  和  $q\bar{q}$  的衰变并将它与  $E_6$ , LR 对称的模型比较,以辨认  $Z'$  的来源。若  $Z'$  衰变到强子或带电轻子的事例数增加到 106 或更大,则在 2 GeV 以下的轻的中性 Higgs 玻色子若存在就可清楚的被决定。

#### 1.1.6 $J/\psi$ 物理学

在 BEPC 物理领域,开展了对  $J/\psi$  辐射衰变和强子衰变中产生的新强子态的研究工作。提出了推广的矩分析法;给出了  $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow \gamma(V)+X$ ,  $V$  和  $X$  继续衰变为二个或三个赝标介子等各种情况下的角分布螺旋度形式,并且把推广的矩分析法应用到这种过程,得到了确定玻色共振态  $X$  的自旋-宇称以及极化参数的若干关系式;对于寻找  $1^{++}$  奇特态给出了有效的方法。

还对  $J/\psi$  辐射衰变产生的共振态的复杂结构以及其中各态之间的干涉效应作了分析,得到了一些新的结果,重点讨论了如何观测可能存在于  $\sim 1.7\text{GeV}$  宽共振峰中的  $\theta/f_2(1720)$  和  $G(1590)$ , 给出了对  $G(1590)$  作为  $O^{++}$  胶子球候选者的一个可能的直接检验。

就  $\xi(2230)$  的胶子球解释,从它的极化结构出发,就有质量胶子和无质量胶子二种模型分别作了讨论。

讨论了  $E/f_1(1420)$ ,  $f_1(1285)$  和  $f_1(1530)$  的混合机制,结果表明  $E/f_1(1420)$  的主要分量是胶子球。同时,计算了  $J/\psi$  辐射衰变产生的  $E/f_1(1420)$  的极化参数。

对于 BEPC 上的 BES 实验工作,提出的建议已被接受,并已获得了某些初步结果。

#### 1.1.7 格点规范理论

采用变分-累积展开方法分别讨论了单分量格点  $\phi^4$  理论和四分量格点  $\phi^4$  理论的相结构、临界行为、等效势。由这一解析方法得到的上述结果与已有的 MC 数值结果十分相符,由它导出的  $\langle \phi \rangle$  和  $m_R$  的临界行为证实了四维  $\phi^4$  理论是平庸的。这对了解和发展弱电统一理论是十分重要的。又采用变分-累积展开方法计算三维三态 Potts 模型的内能、比热、自旋平均值(到 K4 级),这些解析结果也与已有的 MC 结果相符,发现这里的确存在弱一级相变,澄清了在 Potts 模型和 SU(3) 规范理论中有关相变级别的讨论。

#### 1.1.8 EMC 效应的相对论性双层卷积模型

应用光锥量子场论处理轻子原子核深度非弹散射,把原子核看作由强子介子组成的复合粒子,其中强子介子又是夸克胶子组成的复合粒子,由此发展了一个相对论性的双层卷积模型。这个模型具有如下的优点:脉冲近似的适用性得到了证明;强子数守恒条件得到

了自然的保证;避免了传统核子自由度方法中处理离壳效应时的任意性。由总能量守恒约束条件推导了束缚核子的标度变量,并给出一个可以可靠计算原子核结构函数的相对论性双层卷积公式。计算结果表明,EMC效应应为原子核内存在夸克自由度的证据。

## 1.2 数学物理

### 杨-Baxter 方程解和 XXZ 自旋链统计模型

在 Jimbo 定理基础上,发展了计算带谱参数的杨-Baxter 方程解的系统方法,并具体计算了与下述量子群表示相联系的表示矩阵、Clebsch-Gordan 系数、带谱参数的杨-Baxter 方程解和 Link 多项式。这些表示是:  $q$ - $sl(2)$  的任意表示,  $q$ - $sl(3)$  的 6 维和 8 维表示,  $q$ - $B_n$  的旋量表示,量子  $G_2$ 、 $F_4$ 、 $E_6$ 、 $E_7$  的最小表示。特别应该指出的是这套方法适用于在 Clebsch-Gordan 级数展开中存在重表示的情况(例如  $q$ - $sl(3)$  8 维表示的情况),这是以前很少讨论过的。最近,又讨论了具有量子群对称性的 XXZ 自旋链模型,把哈密顿方程简化为线性齐次代数方程组,当  $q$  是单位根时,我们讨论了可约而不完全可分解表示出现的条件及其性质。

## 1.3 引力理论和宇宙学

深入地研究了 Schwarzschild 黑洞与辐射的热平衡问题,证明了只有当  $E_{rad} < M/4$  和  $T_{eq} < T_{plank}$  同时满足时,系统才能有稳定的热平衡。此外,还进一步研究了热力学与 Hawking 辐射对时空反作用的关系。

## 1.4 其它

### 1.4.1 测量 $e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}$ 中的强子事例的性质

$e^+e^-$  的质心系能量为 91.20 GeV 测量了强子事例的球度、扁度、冲度、 $P_{in}$ 、 $P_{out}$ 、快度、多重数等物理量,并对结果用 MC 模拟结果进行修正。最后和 Parton Shower 模型比较,发现实验和 Parton Shower 模型是符合的而和 ME 模型不符合。

### 1.4.2 三胶子顶点的研究

QCD 理论是非阿贝尔规范理论。它的一个性质就是有三个胶子的自相互作用顶点,远远产生与阿贝尔理论不同的结果,测量了 4 jet 事例中两个 quark jet 构成的平面和两个 gluon jet 构成的平面之间的夹角,如果是阿贝尔理论(不存在三胶子顶点)则此夹角倾向于  $90^\circ$ ,如果是非阿贝尔理论(存在三胶子顶点)则此夹角的分布是均匀的,问题在于如何确定是 quark jet 还是胶子顶点,用 MC 模拟的办法发现,如果把相对于 jet 轴的横向动量大的两个 jet 看成是 gluon jet,小的两个看成是 quark jet 其结果有 90% 的可靠性,最后发现,上述夹角的分布是均匀的,即应该存在三胶子顶点。

## 2. 中高能核理论

1990年共完成论文41篇,发表论文30篇,向国内外会议提供报告18篇。主要在以下几个方面开展工作:

### 2.1 核内的夸克自由度

在核内夸克自由度方面,就下述三个方面作了深入的研究:

(1) 由正、反夸克对产生模型导出了包括 $\pi^-$ ,  $\eta^-$ ,  $\eta'^-$ ,  $\rho^-$ ,  $\omega^-$ 及 $\varphi^-$ 介子交换的等价单介子交换势及等价 $2\pi$ 交换势,并使用这些势,得到了部分中程吸引,由于这些势还不够强,S-波相移还不能很好地解释。

(2) 对超子-核子相互作用也进行了深入的研究。使用混杂模型导出了超子-核子相互作用势,并能很好地符合实验数据。为从夸克自由度彻底地弄清这个相互作用,进一步计算了相移等效超子-核子相互作用势,并将用这些势研究H粒子-核子相互作用。

(3) 还对禁闭势的色屏蔽效应进行了研究,在把禁闭势改成误差函数的形式后,重新计算了重子谱,结果表明 $N=2$ 的能级位置有明显的改进。

### 2.2 介子-核相互作用

在DWIA框架下,对几十到300 MeV能区的 $\pi^-$ -核双电荷交换到达双同位旋相似态的反应进行了系统的分析。对于影响DCX反应的各种可能的物理因素进行了研究。

利用多体场论方法,假定 $\eta^-$ -N相互作用的 $N^*(1535)$ 共振模型,建立了 $\eta^-$ -核的微观光学势,从这个光学势出发,发现束缚的 $\eta^-$ -核态的能级之间的距离总是小于这些能级的衰变宽度,这使得在实验上观察 $\eta^-$ -核的束缚态不大可能。

对 $\mu^-$ 在原子核上的俘获又进行了细致的研究,发现从不同的同位素上的 $\mu^-$ -俘获的精确测量可以得到核中中子分布的信息。

对 $\tau^-$ 在原子核的俘获率也作了开拓性的研究。

### 2.3 EMC效应及其它物理问题

(1) 利用我们提出的推广X重新标度模型,统一描述了EMC效应,核遮蔽和反遮蔽效应,并计算了核Drell-Yan过程的截面比( $Fe/D$ )。计算结果表明,上述模型对核Drell-Yan过程的预言与最新实验数据符合甚好。

(2) 利用多体理论中的标准格林函数方法讨论了形成 $\eta^-$ 介子核束缚态的可能性。结果表明,由于 $\eta^-NN^*(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ 相互作用是吸引的,形成 $\eta^-$ 介子核 $^{16}_nO$ 的束缚态是可能的,但束缚态宽度比结合能大,因此,实验上难以观察到。

(3) 通过  $N^* \rightarrow \eta N$  道相互作用导出了一种  $\eta$ -N 相互作用势, 并利用这种势计算了  $\eta$ -N S 波弹性散射长度  $a_0$  和  $\eta$  介子在核物质中的单粒子位陷深度  $D_\eta$ . 结果表明,  $a_0$  的理论值与实验分析得到的结果符合甚好;  $D_\eta$  的计算结果与其他理论预言值大体一致.

(4) 综合评述超核物理在实验和理论两方面的研究进展.

## 2.4 高能核碰撞

(1) 在相对论重离子碰撞(RHIC)研究方面, 考虑非几何因素的影响, 改进参加者几何模型. 一方面, 考虑再次 N-N 碰撞的能量损失, 分析 N-A 过程中带头粒子的行为, 准备向 A-A 过程推广; 另一方面, 为描述次级碰撞对横能与多重数的贡献, 引入唯象参数, 符合 CERN 能区多重数与横能的快度分布.

(2) 改进包含次级碰撞的几何模型, 在去年工作基础上, 对 RHIC 中  $K^+ / \pi^+$  比值的上升作了进一步分析. 特别系统讨论了不同反应道的截面.

(3) 在国内、国际会议及讲习班上对相对论重离子碰撞的普遍现象, 反应机理及 QGP 形成的各种信号作综合评述报告.

(4) 计算 180-340 MeV/N 的核子或  $\alpha$  粒子与核的微分散射截面, 并讨论了低振荡态的虚激发的重要性.

## 2.5 原子核集团结构

轻原子核的  $\alpha$  粒子结构的研究取得新的进展:

(1) 利用中能区现有的 p-核散射比较系统的实验数据对核的  $\alpha$  粒子结构观点进行了检验. 首先, 用分析实验数据的方法, 得到了一系列能量下的参数化 p- $^4\text{He}$  全散射振幅. 基于  $\alpha$  结构模型, 对整个中能区的 p- $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$  散射的各种观测量进行了计算. 在完全相同的理论框架下, 基于核的核子结构观点也进行了一组与上面完全平行的计算. 结果表明,  $\alpha$  模型比核子模型给出与实验更好的符合.

(2) 基于  $\alpha$  粒子模型建立起的无自由参数的理论光学势, 对  $\pi$ - $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$  大角度散射的激发函数进行了计算. 结果比 Kisslinger 类型光学势要好.

上述研究为轻核的  $\alpha$  粒子结构观点提供了新的支持.

## 2.6 原子核的双 $\beta$ 衰变

计算了一种新的核心极化图对  $0\nu\beta\beta$  衰变的贡献, 发现对于较精确的计算, 这类核心极化图的贡献是应考虑.

用图形化的有效算符方法讨论了发射 Majoron 粒子的  $0\nu\beta\beta$  衰变, 计算了 Majoron 粒子与中子耦合的有效值.

更深入地讨论了某些双  $\beta$  衰变机制.

## 二、实验物理

### 1. 宇宙线物理

#### 1.1 高山乳胶室实验

1990年甘巴拉山乳胶室未建新乳胶室,只修整了K9室,并把铅板运到羊八井,准备与EAS作联合实验用。处理了K9铅乳胶室底片,得到了五例观测能量 $\Sigma E_r > 500 \text{ TeV}$ 的事例,还得到一例漂亮的环形式例。对于K6、K7室底片进行了清理测量,并利用“HDSQI”模拟计算结果,作出各种分布并与实验作了比较。继高能 $\gamma$ 线强度随高度变化的结果,又作出了在6500米处强子的强度,这就可以给出强子强度随高度的变化。

#### 1.2 广延大气簇射研究

5月初,怀柔广延大气簇射(EAS)阵列通过了院级鉴定,现在正在为‘膝区’的EAS Size谱、超高能初级宇宙线能谱等物理课题积累数据。同时,一个由20块1平方米丙烯酸闪烁体组成的20平方米地下 $\mu$ 子探测器正在研制安装之中。

中日合作西藏羊八井EAS阵列(位于拉萨市西北90公里,海拔4310米,是北半球最高的常年高山观测站),在一月份开始试验性运行之后,第二季度扩大了阵列,增加了16个外围密度探测器,完成了光导纤维的布设、激光标定系统和2G Bytes大容量视频磁带记录系统的安装调试,于6月下旬开始了全系统运行。八、九月份对运行中暴露出问题的电子学插件及在高山条件下承受能力变低的高压电源、激光器等进行了维修、更换之后,该阵列正在为寻找超高能 $\gamma$ 点源以约20 HZ的高触发率而稳定地投入正式的观测运行。与此同时,数据处理的硬、软件系统也正在北京进行准备。

限于经费,目前的羊八井阵列还不够大,但是其地理优势与先进技术的结合已使它显示出突出的特点。这首先表现在它空前多的事例量和低阈能。目前的any-4触发条件下阵列的阈能(能谱不变形的起点)是 $4 \times 10^{13} \text{ eV}$ ,位于甚高能和传统的超高能段之间;而其所能获得的事例量(每天一百多万个事例)不仅比一般EAS阵列高出几个量级,甚至也比大气契伦柯夫望远镜所能记录的甚高能事例率高得多。这种特点所能提供的发现的机遇和统计可靠性已引起人们关注。



### 1.3 地面宇宙线实验的物理研究

为了研究宇宙线超高能级联中的快速能量衰减现象和大横动量产生现象,提出了用 QCD 描写超高能区喷注多重产生(或部分子多重散射)的模型方案。在  $Sp\bar{p}S$  能量  $s = 546$  GeV 完成了 Monte Carlo 模型建造。

调研和探讨了超高能核-核作用和强子-核作用模型的改进方案。

### 1.4 甚高能 $\gamma$ 射线天文观测

1990 年底刚建成的第一台甚高能  $\gamma$  射线望远镜 ACT-1(位于北京天文台兴隆观测站,东经  $117.585^\circ$ , 北纬  $40.393^\circ$ , 海拔 940 米)全年坚持了漂移扫描观测,对不同银纬甚高能  $\gamma$  射线强度分布的观测,积累了大量数据,并为进一步提高观测精度摸索了经验。还为探头的光电倍增管加了磁屏蔽,研制并安装了背景光补偿装置,改善了 ACT-1 的工作稳定性和漂移扫描的可靠性。

与北京天文台合作研制的第二台甚高能  $\gamma$  射线望远镜 ACT-2 于 12 月初安装于兴隆站。它具有微机控制自动跟踪功能,可进行天体源的跟踪观测,同时兼有 ACT-1 的功能,能对更广泛的天区进行漂移扫描观测。ACT-2 的光探头,快电子学和微机控制数据采集系统已进行实验室联调。现正对指向系统进行调整、标定,计划于 1991 年完成系统联调,并开始观测。

## 2. 高能天体物理

### 2.1 高能天体物理实验

#### 2.1.1 复合晶体闪烁计数器的研制

完成了所有结构件的加工,研究并确定了 NaI(Tl)晶体的封装方法。完成了输出 700-1500 V 稳定性优于 0.03% 的小型高压电源的设计及样机制作,放大倍数 0-30 可调、时间延迟小于 50ns 的四路信号合成放大器的设计制做,以及分压电路、射极跟随器、电压监测电路等各部件的设计和研制。为了进一步提高该探测器的性能,比较了不同种类硅凝胶光耦合效果,不同的反射条件及反射材料对光收集效率的影响;研究了 R1512 大面积光电倍增管各极电压分配比对于输出幅度、能量分辨率及能量线性、上升时间、光阴级不均匀性等特征的影响,为选择探测器参数提供了实验依据。特别是提出了一种在闪烁计数器的光耦合层上进行光学补偿的新方法,并进行了实验研究,使得探测器的能量分辨率得到了较大的改善。

#### 2.1.2 高气压充氙多丝正比室及硬 X 射线空间望远镜

完成了双面薄窗型高气压充氙多丝正比室的各部件的加工和多丝室的建造。该室的灵