



一 范晓龄: 用高山乳胶室研究超高能核作用

导师: 何泽慧

用大面积高山乳胶室观测宇宙线超高能核作用, 是探索 1014-1017eV 能域核作用规律和寻找新现象的重要手段之一。本工作在参与中日合作西藏甘巴拉山乳胶室实验各年度 X 光片的包装、处理和乳胶室拆室、建室及维护工作的同时, 对大族事例 ($\Sigma E_c \geq 200$ TeV) 及小族事例 ($20 \text{ TeV} \leq \Sigma E_c \leq 200 \text{ TeV}$) 进行了扫描与测量, 获得大族事例 10 个, 小族事例 68 个, 其中 K7492 事例的能量高达 $\Sigma E = 3079.2 \text{ TeV}$ 。

为分析所获得的实验数据, 我们在模拟计算中引入 UA7 实验的最新结果, 对 ISR 和 SPS 非弹过程赝快度分布的实验数据进行最佳参数拟合直至其最高能量 = 900 GeV, 假定次级粒子多重数分布近似遵循 KNO-Scaling, 横动量近似遵循指数分布, 构造了一个适合于分析乳胶室实验结果的强子-强子核相互作用的参数化模型。在重核为主的混合初级宇宙线成分假定下, 将参数化模型外推到超高能区, 应用于超高能宇宙线粒子在大气中行为的 Monte-Carlo 计算(标记为 MPI 模型), 并与本工作所获得的实验数据(综合他人测量结果)作了广泛的比较与讨论, 以研究超高能核作用的规律。利用 MPI 模型, 本工作同时细致地讨论了碎裂区次级粒子平均横动量下降对乳胶室实验模拟计算结果的影响。

对 K7492 事例的分析表明, 传统的族事例集团化方法和多心结构事例选择标准的应用存在着一定的局限性。我们对传统的集团化方法进行了改进, 采用扫描集团化方法对族事例进行集团化处理, 重新定义了多心结构事例的选择标准。通过多心结构事例实验数据(综合他人测量结果)与模拟计算结果的比较, 研究超高能区核相互作用的规律。本工作同时提出了用主集团的能量份额来辨认由初级质子所产生的大族事例 ($\Sigma E_c \geq 500 \text{ TeV}$), 该方法的应用对于初级宇宙线成分的研究是很有意义的。

对 $\Sigma E_c = 20-200 \text{ TeV}$ 能区小族事例中的小 $\langle R \rangle$ 事例进行了分析。通过实验数据(综合他人测量结果)与模拟计算结果的比较, 发现小 $\langle R \rangle$ 事例出现的频率高出模拟计算值一倍左右, 且不含强子。本工作不认为该现象联系于新的物理, 尝试用初级宇宙线 γ 来解释高出模拟计算所预言的小 $\langle R \rangle$ 事例, 并利用族事

例的平均横向扩展 $\langle R \rangle$ 作为挑选由初级 γ 所产生的族事例的标准, 对大于 1014eV 能区初级宇宙线中初级 γ 的含量及能谱形式作出了估计。

利用高山乳胶室观测超高能大天顶角宇宙线 μ 子。本工作同时对与超高能核作用特征及初级宇宙线化学成分紧密相关的大天顶角超高能宇宙线 μ 子进行了扫描和测量, 在天顶角 $M (= \tan \theta) \geq 2.5$ 的范围内共获得 23 个 μ 子事例, 测量事例 126 个(综合他人扫描结果), 尝试用马鞍型曲线来确定 μ 子簇射的能量, 并对 μ 子在乳胶室内的行为进行模拟计算, 对所获得的 μ 子事例(综合他人扫描结果)进行了分析, 在 $E_{\mu} \geq 2 \text{ TeV}$ 的范围内给出了海拔 5500 米处 μ 子的流强、簇射能谱与簇射天顶角分布, 为进一步研究超高能核作用规律和初级宇宙线成分打下基础。

二 孙欣新: $10^{13}-10^{17} \text{ eV}$ 广延空气簇射研究和宇宙线源寻找

导师: 霍安祥

超高能 γ 点源寻找在宇宙线起源研究中具有重要意义。广延空气簇射(简称 EAS) 阵列技术则是探测超高能宇宙线的重要手段之一。利用北京怀柔 EAS 阵列, 本文对 $10^{13} \text{ eV}-10^{17} \text{ eV}$ 能区的 EAS 现象进行了研究并给出了初步的物理结果。作为本论文的主要工作, 作者利用 Monte Carlo 模拟并结合实验数据, 对中-日合作羊八井阵列的特性进行了全面系统地分析, 对超高能 γ 点源稳定发射和短期爆发现象进行了研究, 同时, 对太阳耀斑与甚高能宇宙线的可能关联从实验上进行了探讨, 发现了重要的实验现象。具体工作如下:

1. 作者完成了怀柔 EAS 阵列离线分析程序系统的编制。通过 Monte Carlo 模拟计算并结合实验数据分析结果, 给出了该阵列对 EAS 阵列基本参数的测定精度。在 $10^{13} \text{ eV}-10^{17} \text{ eV}$ 能区, 一个非常重要的物理现象是初级宇宙线能谱在 10eV 附近发生转折, 即出现 'Kneec'。本工作利用怀柔 EAS 阵列在 1987 年-1989 年间记录的实验数据, 对这现象进行了研究, 给出了 EAS 荷电总粒子数垂直积分谱 (size 谱), 在 size 谱上没有发现明显 'kneec' 的迹象, 但在 $\text{size} = 10^6$ 处的绝对积分流强与其它海平面阵列给出的结果是一致的。利用怀柔 EAS 阵列最新结果和本工作在羊八井 EAS 阵列获得的 size 谱, 我们对这一

课题进行了进一步的讨论。

本工作在不同 size 区间的 EAS 吸收长度,以利用这结果与各种模型计算的模拟结果相比较,萃取 10^{12}eV — 10^{17}eV 能区,高能核作用的主要特征和初级宇宙线成份的信息。

2.本工作完成了羊八井 EAS 阵列分析程序系统和 Monte Carlo 模拟程序系统的建立。利用 Monte Carlo 模拟并结合实验数据对该阵列的特性进行了系统的分析研究,确定了事例的选择标准,给出了阵列的角度响应和能量响应函数。基于好的角度分辨可以显著增加信噪比,因此,着重对影响阵列角分辨的因素进行了讨论。由于从实验中观察到了月亮遮挡效应,进一步确认了阵列的角度分辨。

3.探测超高能 γ 射线为研究宇宙线起源提供了新的探讨。本工作重点研究了北半球三颗最著名的超高能 γ 点源候选天体 Cyg X-3, Her X-1, 和 Crab。在对上述点源稳定发射的观测中,没有发现超出,在 95% 的置信水平下,给出了 10TeV 时的积分流强上限,它们依次分别为 $1.0 \times 10^{-12}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, $0.57 \times 10^{-12}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 和 $1.1 \times 10^{-12}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。我们将此结果与其它实验的结果进行比较并对目前超高能 γ 点源研究的现状提出了看法。

超高能 γ 点源还可能以瞬态爆发的形式辐射超高能 γ 射线。本文对 Crab Pulsar 的短期爆发现象进行了实验寻找。我们发现该天体在 1991 年 1 月 18 日 (UT) 有一次持续的约 1 小时的爆发,在爆发前半小时,向源事例数超出背景约 3.7σ 。全天向源事例数超出背景 2.4σ 。爆发流强在 10TeV 时估计为 $1.4 \times 10^{-10}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, 流量为 $1.08 \times 10^{33}\text{erg/s}$ 。这一发现对研究 Crab 的超高能 γ 射线发射具有重要意义,同时也证明羊八井阵列非常适于超高能 γ 源短期爆发现象的研究。

4.太阳是在宇宙线起源研究中最先被关注的对象。伴随太阳耀斑爆发,会有高能粒子被抛射出来。太阳耀斑爆发和甚高能宇宙线是否会有关联?本工作利用羊八井 EAS 阵列对此问题进行了探讨。在 1991 年 3 月太阳耀斑连续爆发期间,我们发现在 3 月 24 日前后,阵列触发率出现了明显上升的趋势。且对事例按其 ΣNi 大小分组之后,在三个不同的 ΣNi 区间,24 日 (UT) 的触发率出现了高显著性的增长。对应 A(15.8—25.1), B(25.1—39.8), C(39.8—63.1), D(63.1—100) 四个区间,增长的显著性分别为 20.1σ , 13.4σ , 5.9σ , 3.4σ 。增长的幅度分别为 41.1%, 36.8%, 21.2%, 17.9%, 这一增长的对应的能区在 10TeV 至 50TeV 之间。对高能期间的变化及仪器的工作状态,我们进行了仔细的检验,未发现异常的现象。这一事例的证实将引起宇宙线起源中长期形成的某些现象的改变,同时在理论上,也会对太阳物理及太

阳耀斑爆发期间粒子的加速机制提出了新的课题。

三 海洋: BSFR、EXAFS 束线及实验站的调试控制系统的建立及 NiBr_2 水溶液,全电子产额实验方法的 EXAFS 研究

导师: 叶铭汉

北京同步辐射实验装置 (BSRF) 的 4W1B 光束线及 EXAFS 实验站是北京正负电子对撞机 (BEPC) 工程的一部分,它于 1985 年 5 月开始建造,于 1990 年 5 月完成。论文介绍了同步辐射的特点和北京同步辐射装置,详述了双晶单色器的原理,评述了 EXAFS 的原理、实验及数据处理的方法。论文的工作主要是围绕建造和调试 4W1B 光束线的双晶单色器和 EXAFS 实验站的控制系统的这个任务的。该论文分成两个方面。一是关于实验装置的建造和调试,它包括设计和建造部分电子学插件、编制在线程序、在常规 X 光源上的预调试、在同步辐射光上的调试及其性能测量的结果。在完成实验设备的基础上,利用该仪器设备完成了一些 EXAFS 的实验研究,这是论文的第二个方面。它包括用 EXAFS 研究不同浓度的 NiBr_2 水溶液的近邻原子结构和全电子产额的表面 EXAFS 实验方法的研究。 NiBr_2 水溶液的研究表明, Ni^{2+} 离子与六个水分子形成一个八面体,在所研究的几种不同浓度的水溶液中其结构变化不大,在过渡金属络合物的结构形成原因中,配位场稳定化能被认为是一个重要的因素。在全电子产额的表面 EXAFS 方法的测量中,比较了用常规透射法和用全电子产额法在不同的实验条件下所得到的结果,并研究了全电子产额法的表面采样深度,对实验结果及 EXAFS 振幅的减少的原因进行了讨论。

四 卞建国: QCD 真空凝聚和强子结构

导师: 黄涛

本文在背景场量子色动力学框架中,用包含真空凝聚效应的束缚态方程研究了介子结构。背景场方法,虽然已被应用于强子问题的许多领域并取得了定性的成功,但用于束缚态方程,这不是首次。

本课题的选择出于如下原因,这就是描述强作用的量子色动力学和强子的夸克图象已被人们广泛地接受,但是在一方面,量子色动力学的微扰处理并不适应低能区,因而不能给出正确的强子谱,而在另一方面, QCD 求和规则和背景场 QCD 理论,通过在算符乘积展开中考虑真空凝聚对通常微扰项的非微扰修正,使量子色动力学适用于更低的能量区。我们希望背景场 QCD 理论能给出正确的强子谱。

论文分两部分——综述和工作。在综述部分,我们主要介绍物理真空,手征对称性自发破缺和真空凝聚以及 QCD 求和规则和背景场 QCD 理论。工作部分可分为四个方面:

1. 束缚态方程数值解。我们用 Bethe-Salpeter 方

程和等时方程计算了基态赝标介子的质量谱和衰变常数,这里势函数是在背景场理论中计算出来的,它包括了四维真空凝聚修正,我们得到的结果与实验数据和势模型的结果基本一致。

2. 夸克之间相互作用势的研究。我们除了计算包括四维真空凝聚修正的势函数以外,还计算了包括六维真空凝聚修正的势函数,这些势是短程力、中程力和长程力的一个混合。前者在 $0.1 \sim 0.5 \text{fm}$, 后者在 $0.1 \sim 0.7 \text{fm}$ 范围内与唯象势基本符合。我们知道,所有的唯象势在 $0.1 \sim 1 \text{fm}$ 范围内有几乎相同的形状,这是由实验数据决定的。这表明我们计算得到的势在中程范围内是可信,这正体现了 SVZ 的原有设想,即非微扰效应修正在中程区才可靠。

3. B-S 方程精确解。我们首先把积分形式的 B-S 方程化为微分形式,它的核包括单胶子交换和胶子凝聚修正,然后,在总系统能量为零时求出了它的精确解。我们的方法有别于 Goldstein 方法,后者是在总能量为零时,将方程化为微分形式。计算结果表明,胶子凝聚修正使波函数随正、反夸克间距增加更迅速的趋于零。这说明 ψ , 胶子凝聚修正有利正、反夸克形成束缚态。

4. 平移不变性的讨论。自从 SVZ 提出 QCD 求和规则以来,在非微扰修正的计算中,一直存在着平移性破坏的问题,即对胶子背景场采用固定点规范,所用复合算符的两点或多点函数的真空平均值在以真空凝聚作展开时不具有平移不变性。我们采用 Lorentz 规范,对三个常见的多点函数真空平均值作了展开,得到的展开式具有平移不变性,我们利用这些展开式,计算了胶子和夸克在链近似下的完全传播子,而包括非微扰效应的夸克完全传播子在固定点规范下是计算不出来的。

五 孙舫: 高能物理数据获取系统

导师: 薛景宣

近代高能物理实验的基本方法之一是利用粒子加速器(对撞机)加速两束粒子到极高能量后让它们相互对撞,由粒子探测器来观察相互作用的物理过程,收集散布于对撞点附近空间内大量的与粒子径迹有关信息,转换成数字的形式送往数据获取系统进行处理和记录。高能物理实验的特点决定了高能物理数据获取系统是一个规模庞大的系统。随着对撞机能量和亮度的不断提高,探测器与数据获取系统面临着极高的数据率,促使近年来数据获取系统不仅在规模上进一步趋于庞大,而且在体系结构和引用的技术等方面不断变革。本文在论述数据获取系统功能、要素和评价准则的基础上概述了高能物理数据获取系统的历史、现状及发展趋势。论文核心部分重点反映了针对当前高能物理数据获取系统两个重要课题进行的研究工作:

1. 高能物理实验数据产生的随机性决定了高能物

理数据获取系统的各个环节应设置缓冲,以缓解由于随机性而造成的损失。论文的科研工作集中讨论了缓冲机制与随机损失的关系。

2. 从体系结构上看,高能物理数据获取系统的发展经历了从简单的集中处理体系到高度并行的分布式多处理机体系的过程。论文的科研工作针对北京谱仪数据获取系统的客观需要设计了一个适合于多处理机系统的软件内核。

本文第二部分分析了高能物理数据获取系统中数据流动情况,建立了便于分析和计算的多级队列模型和分段队列模型;运用排队论和概率论原理对数据获取系统进行了队列状态分析,建立了状态方程(组),从中求得一些有关缓冲设置和损失计算的有意义的结论和数据。

本文第三部分给出了一个面向应用的多处理机系统 VMPS/Sunix 的设计与实现。VMPS/Sunix 是一个简单灵活的具有良好的开放性的系统,系统从体系结构到操纵系统内核都一致采用顾客-服务员模式。整个系统设计具有无盘工作站的风格,系统易维护、易修改、易扩充、易移植。

六 何卫宁: 高能物理数据处理中的形状分析法 导师: 薛景宣

本文研究高能物理数据分析中的形状分析方法。形状分析方法是建立和分析形状的明确描述的数学方法。高能物理数据分析中有两个典型的问题可以应用形状分析方法,是发射度形状分析和谱仪径迹重建。

实测发射度形状中包含了杂质离子的发射度形状,我们就是要利用形状分析方法消除杂质离子的发射度形状。针对发射度形状分析问题,我们所做的努力如下:

1. 利用链码串描述发射度形状的边界。

2. 从边界点中抽取对理解形状起关键作用的点,从而获得形状的多边形描述。

3. 把描述形状的多边形分割成一组基本凸多边形。为了克服干扰信号对分割的影响,我们引入凸度的概念。在证明了凸度的几个数学性质后,我们确信凸度可以作为一种控制分割过程的准则。凸度的实际应用也说明了这点。

4. 利用语法分析方法和关系结构分析法分析形状的结构,并比较了两者的不同。研究了简化关系结构计算的问题。

5. 通过对模拟和实际数据的处理,证明形状分析方法对消除杂质离子的发射度形状有明显效果,85%以上的杂质离子发射度形状能被消除。形状分析法使束流诊断达到了智能化的水平。

谱仪数据分析要求径迹重建速度要尽可能地快,我们就是利用形状分析方法加快径迹重建速度。针对谱仪径迹重建问题,我们所做的努力如下:

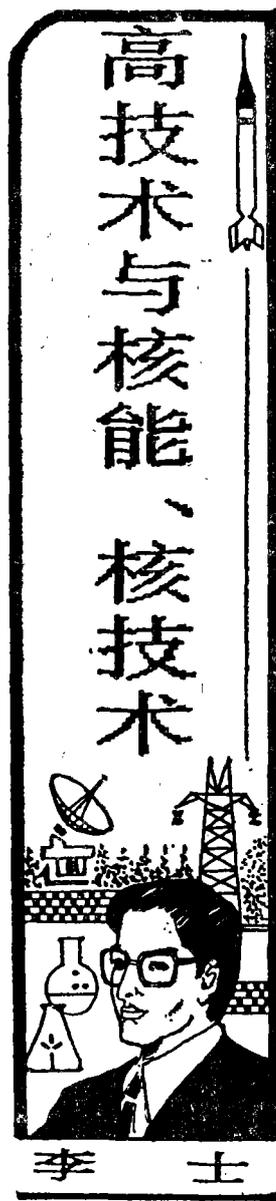
一、核能、核技术的基本内涵

“高技术”一词起源于美国，目前尚没有统一的定义。多数人认为，高技术是指那些基本原理建立在最新科学成就基础上，并能创造较高的经济效益，具有较强增值作用，能向经济、社会各个领域广泛渗透的新技术。高技术一般可分为两大类。一类称为高准度技术，如航天技术、导弹技术以及我们这里将要介绍的核能与核技术；另一类称为高效益技术，如微电子、生物工程、新能源、激光、新材料等等。当然，两者之间并没有严格的界线。例如，核技术领域里的核应用技术就介于两者之间，它既有高准度技术的特征，又能产生高效益。

自1896年法国物理学家贝可勒尔发现了铀的天然放射性以后，核能与核技术的发展十分迅速。经过世界各国科学家的辛勤探索，取得了辉煌的成果。在该领域已有40余人次获得过世界科学技术成就最高奖赏——诺贝尔物理或化学奖，这是其它任何学科领域从未出现过的奇迹。

核能与核技术是继天然放射性和铀裂变现象的发现及加速器和反应堆的发明与建造成功，以核物理、核化学、核辐射探测学等科学研究成果为基础，并结合核电子学、核探测器、核分析技术、加速器及反应堆等技术的发展而兴起的一门高新技术。它发展速度之快、应用范围之广、增值和经济效益之高、产生的影响之大，都是人们所预料不到的。

核能与核技术主要包括反应堆技术、加速器技术、同位素制备技术、核辐射探测技术、核分析技术、核成像技术、



核军事技术、电离辐射计量技术、辐射防护技术和应用核技术等。其中应用核技术又包括同位素示踪技术、辐射加工技术、辐射改性技术、同位素仪器仪表、核医学、核农业等。可以说，“核”与“核辐射”基本上囊括了该学科的全部内容。

细心的人也许提出这样的问题：早期众所周知的与原子弹相连系的“原子能”与本文提到的“核能”究竟是不是一回事儿，它们之间有什么区别？为什么原来姓“原子”的如今都改成姓“核”了？就连家喻户晓的“原子弹”，也起哄似地跟着叫起什么“核弹、核武器”了。那么，复姓“原子”为什么都改为单姓“核”了呢？其实，“原子能”与“核能”是一回事，只是叫法不同而已。从文字含义的角度来讲，叫“核能”比叫“原子能”更为准确，众所周知的“原子能”确切应称为“原子核能”为佳。过去以“原子”为招牌干的事，其实都是“核”的功劳，况且有时也不完全与它的“能”打交道。所以，将“原子（核）能”，简称为“原子能”并不准确，而叫“核能”才恰如其分。然而，为了照顾人们的习惯，目前，两种叫法都可以使用，只不过此时的“原子能”是“原子核能”缩写的代名词。

核能与核技术目前正处于成长和成熟阶段。其主要标志是基础核技术与核军事技术已趋于成熟，形成产业，并且具有相当可观的产值。而其它方面尚有大量的新领域正待开发，世界各国投入的研究费用有增无减，经济效益和社会效益日趋明显。一些核科学家认为，目前核技术应用的开发仅为其最大技术潜力的30—40%，核能与核技术强大的技术

1. 通过对螺旋线最小二乘拟合原理的讨论，我们确信加快径迹重建的关键是 xy 平面的径迹重建，而 xy 平面的径迹重建的关键是将触发的漂移室单元分组，使每组中的单元都对同一径迹。完成单元分组计算量最小的方法是预先把可能的单元组合都求出，形成径迹字典。

2. 我们提出了一种构造径迹字典方法，这种方法不对漂移室单元空间分布对称性附加任何前提条件。

3. 针对径迹字典寻找短径迹的弱点，我们提出了一种径迹生长规则方法。利用这种径迹生长规则，寻找径迹就是一个在确定的树状径迹生长规则控制下触发单元从漂移室内单元层生长到外单元层的过程。

4. 为了确定径迹生长规则和克服漂移室单元空间不均匀的问题，我们提出了一种新的描述单元间连接关系的连接码。利用这种连接码获得了北京谱仪主漂移室的径迹生长规则。

5. 提出了径迹的连接码表达式描述方法，并讨论了获得这种表达式的方法。这种表达式的语法结构体现了径迹的分支结构。

6. 我们为北京谱仪主漂移室实现了基于径迹字典的径迹重建法和基于径迹生长规则的径迹重建法。对大量径迹重建的结果表明我们提出的径迹生长规则法比现行的算法能提高速度约60%。