

北京谱仪数据的离线处理

许榕生 郎鹏飞 陈雅青 张少强 潘玲君
王泰杰 黄德强 张达华 郑敏 贾秋萍
何炬 高原宁 黄因智 马恩成 赵政国

(中国科学院高能物理研究所,北京 100039)

刘峰

(华中师范大学物理系,武汉 430070)

陈少敏

(广西大学物理系,南宁 530004)

张学尧 李群

(山东大学物理系,济南 250100)

摘要

本文介绍北京谱仪离线分析过程中数据生成的整个情况,包括事例过滤原则,重建的一般原理及物理分析(DST)数据的分类方法。通过一些典型的 J/ψ 衰变道的初步分析结果,展示北京谱仪已有的DST数据的首批物理信号。

北京正负电子对撞机经过在 J/ψ 能区一年多的正常运行,已由北京谱仪^[1](BES)采集了数百万事例的实验数据,初期的分析结果已陆续在国际高能物理会议上发表^[1,2]。本文详细介绍北京谱仪离线分析中的数据生成过程,并以若干个物理分析的例子说明数据处理的可靠性。

高能物理实验的离线分析可以分为前期的数据处理与后期的物理分析两步,前期的离线处理任务是将在线获取的原始数据加工(包括过滤、重建等)并按一定的类别存储,做成DST(Data Summary Tape or File)数据文件,以供进一步的物理分析直接使用,故可称DST为物理分析数据文件(参见图1)。物理分析数据生成的正确与否直接关系到物理分析结果的好坏,数据处理的速度又牵涉到谱仪进一步取数的质量效果以及物理分析的快慢,此外,大量数据的存储、传送等要求充分地利用计算机的资源 and 能力(目前主要运用VAX 8550, VAX 6330及四台工作站),这些都构成了数据生成过程的特点。下面分三步介绍。

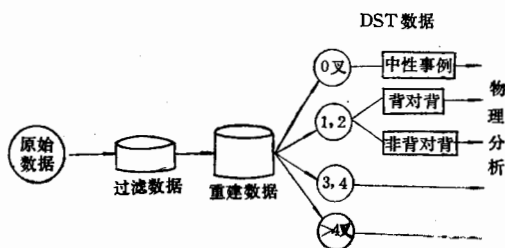


图1 流程图

(1) 原始数据的过滤

首先要对原始数据的正常与否进行检验,即从整体上统计各子探测器输出信号的状态,如击中数的分布,脉冲幅度谱以及触发效果等,从中判断谱仪工作的状况,然后决定这批数据的取舍。

其次,由于在线获取数据时混入了相当一部分“坏事例”,例如宇宙线事例,束流干扰以及探测器自身设备中的电子学干扰信号造成的本底事例等,离线处理时,通过对事例的图象分析,可以鉴别和剔除这些坏事例,与此同时还将好事例的类型初步判定为巴巴(Bhabha)、双 μ (Dimuon)及强子事例,终态为纯中性的事例也给以初步鉴定。事例类型的判定准则大致如下:

(A) 强子事例

主漂移室至少有1根明显的径迹或2根非背对背的径迹。

(B) 双 μ 事例

主漂移室仅有2根背对背的径迹,且至少有一根在 μ 子探测器中有相应信号,另外飞行时间计数器上对这两根径迹的时间记录 T_1, T_2 应满足 $|T_1 - T_2| < 8\text{ns}$,反之为宇宙线事例。

(C) 巴巴事例

主漂移室仅有2根背对背径迹,但无 μ 子探测器相应信号;在簇射计数器中淀积相当的能量值。反之归入强子事例。

(D) 中性事例

主漂移室中无径迹, μ 探测器的击中数少于一定数额,而在簇射计数器中至少有一簇信号。

由上述这些原则编写成的计算机程序将原始数据一一过滤,结果好事例留下65%左右,其中强子事例约占75%。经人工对事例抽样扫描检查,肯定了好事例基本上都得以保留。

(2) 事例重建

对保留下来的好事例进一步作重建处理,即根据各子探测器获取的信息(电子学信号),得出该事例的物理描述,如该事例的终态径迹数及各径迹的物理量值等。事例重建是一件十分繁复的工作,计算机程序首先在主漂移室寻迹,即对由主漂移室讯号丝给出的径

迹坐标位置, 从外层向中心延伸, 归纳出每一根径迹的轨迹, 然后拟合该径迹在磁场中的曲率半径、径迹起始点等, 并推算出带电粒子的电荷符号及动量 p 。时间飞行计数器测到带电粒子的飞行时间 t , 根据径迹路径 $l = t\beta c$ (c 为光速) 算出粒子的飞行速度 β , 再由 $m^2 = p^2(1 - \beta^2)/\beta^2$ 得出粒子的质量, 从而鉴定粒子的性质。簇射计数器推断所记录到的径迹, 主要是中性径迹的能量和位置, 首先也是由计数器讯号丝的读出, 归纳粒子发生簇射现象的范围大小, 由刻度常数推算其沉积能量的数值及粒子的初始位置与方向等。 μ 探测器的重建定出穿透粒子, 一般认为是 μ 轻子的位置与方向, 以供排除宇宙线事例与挑选双 μ 事例用。有关北京谱仪事例重建的精度、效果详见文献[2]。

在完成重建后, 每一个事例的原始记录后面增加了一段新的文件内容, 通常称 TRKLST, 即事例径迹表, 它包括了计算出来的各径迹的物理量以及对该事例的摘要描述, 其内容和格式就是所谓的 DST 数据文件了。

(3) 物理分析 (DST) 数据的分类

每一事例重建结果的记录, 提供了该事例终态的带电粒子数。由于在事例图象上这些带电粒子各自在主漂移室留下一条径迹, 所以也以这种从中心向外分叉的径迹图象将事例分类。通常有零叉事例, 1、2 叉事例, 3、4 叉及 4 叉以上的多叉事例, 并分别将其归类存储。它的意图在于方便将来的物理分析, 具体选定某一衰变道的物理模式, 例如 $J/\psi \rightarrow \gamma\theta(1720)$ 、 $\theta \rightarrow K^+K^-$, 终态带电粒子数是 2; 而 $J/\psi \rightarrow \gamma\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ 是 4。这样可以分别挑选 2 叉或 4 叉的数据进行分析, 从而减少数据的输入量。

图 2 给出三个典型的零叉、2 叉和 4 叉事例的显示图。当然, 由于事例重建中有一些径迹因为寻迹或拟合的困难, 未能列入事例径迹表, 造成了某些事例的径迹叉数不完全准确, 经人工扫描检查表明这种情况只占极少数。

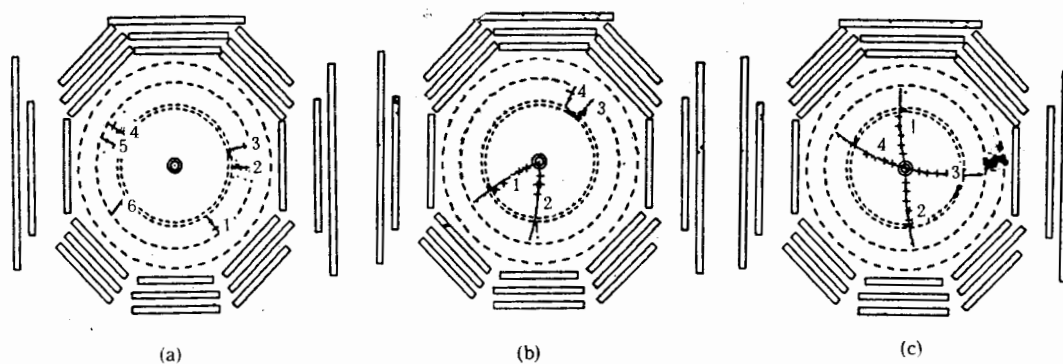


图 2 零叉、2 叉和 4 叉事例显示图。各个图的中心部位是正负电子束流的对撞点; 所看到的探测器横截面图中, 由电子学信号, 拟合出的曲线表示探测到的径迹(零叉事例仅有簇射计数器信号)

在 DST 数据分类时还进一步将 2 叉事例中背对背的事例与非背对背的事例划分开(‘背对背’的定义指两叉径迹的几何夹角在 $180^\circ \pm 5^\circ$ 之间), 这些背对背的事例主要包括大量的巴巴事例和双 μ 事例, 另有一些 $J/\psi \rightarrow K^+K^-$ 、 $\pi^+\pi^-$ 、 $p\bar{p}$ 等事例。图 3 给出事例

分叉的统计情况, 2叉事例的总数较多。图4是从背对背事例中统计单个径迹动量的情况, 从中可以看到巴巴、双 μ 事例占了绝大多数。

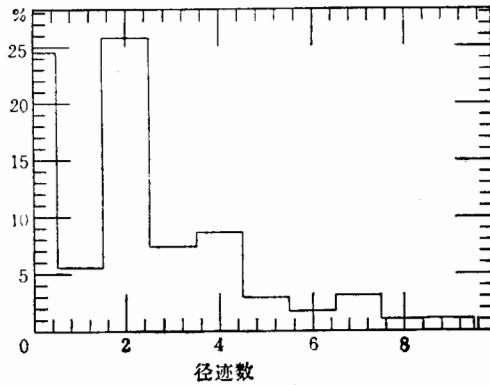


图3 事例分叉统计情况, 从零叉开始每格为一类

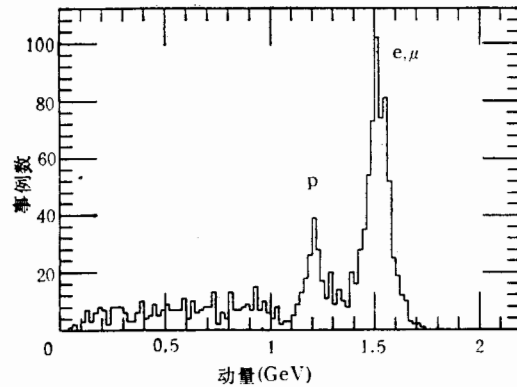


图4 背对背事例的单径迹动量分布

为了从零叉事例中找出末态为纯中性粒子(这里一般指光子)的事例, 对零叉事例加上下列判选条件:

- i) 由簇射计数器确定的各径迹总能量应在 $3.097 \pm 1.0 \text{ GeV}$ 内;
- ii) 这些径迹的总动量保持在零附近。

也即要求初步满足能动量守恒原理。这样筛除了一部分混入的宇宙线事例以及一些由于主漂移室径迹不清而归入“零叉”的事例。目前积累的这类中性事例占总事例数的 0.5% 左右, 已初步分析出 $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\gamma$ 及 $J/\psi \rightarrow 5\gamma$ 的一些物理信号。

对分支比较大的 $J/\psi \rightarrow \rho\pi$ 事例也已单独选出, 作为一些专题研究的数据组(将另文发表)。这一衰变道以及下面列举的几个典型例子, 用北京谱仪已有的 DST 数据进行初步筛选, 可以清楚地看到 π^0 、 ρ 、 ω 、 ϕ 、 η 、 η' 及 K^* 等粒子的信号。

例 1. $J/\psi \rightarrow \gamma\eta'(958)$

粒子物理表给出它的分支比占 J/ψ 衰变的 0.42%^[3], 而 $\eta'(958)$ 可以有几种不同的衰变方式, 主要的三种是:

- (i) $\eta' \rightarrow \eta\pi^+\pi^- \xrightarrow{\gamma\gamma} \gamma\gamma$ 44.2% \times 0.389;
- (ii) $\eta' \rightarrow \rho^0\gamma \xrightarrow{\pi^+\pi^-} \pi^+\pi^-$ 30.0%;
- (iii) $\eta' \rightarrow \gamma\gamma$ 2.16%.

可见 $J/\psi \rightarrow \gamma\eta'$ 的不同终态及其最终分支比分别为

- (i) $\gamma\gamma\pi^+\pi^-$ 7.22×10^{-4} ;
- (ii) $\gamma\pi^+\pi^-$ 12.6×10^{-4} ;
- (iii) $\gamma\gamma\gamma$ 0.907×10^{-4} .

衰变模式(iii)可用中性事例分析;(i)和(ii)用 2 叉事例分别挑选不同数目的 γ , 对每一事例进行运动学拟合^[4]及有关共振态粒子(η 和 ρ^0)的质量限定, 然后得出辐射光子以外诸

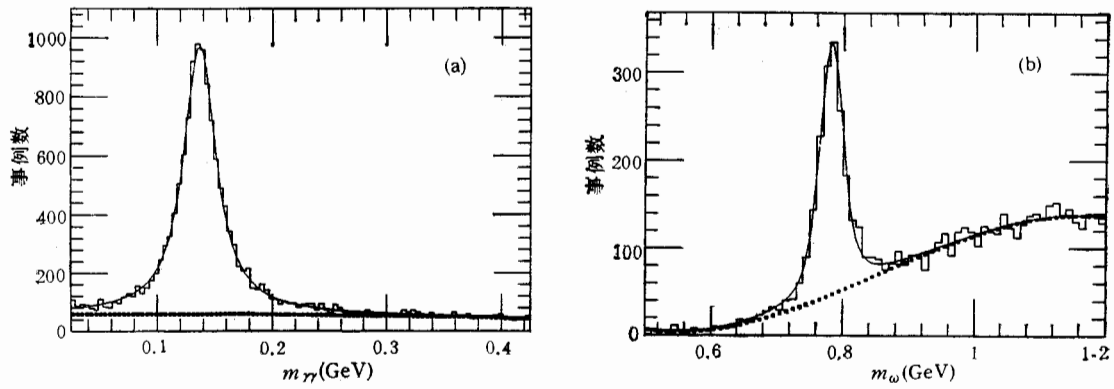


图6 $J/\psi \rightarrow \omega\pi^+\pi^-$, (a) 2γ 的不变质量谱 (π^0 信号), (b) $\gamma\gamma\pi^+\pi^-$ ($\pi^0\pi^+\pi^-$) 的不变质量谱, $\omega(783)$ 信号的发现

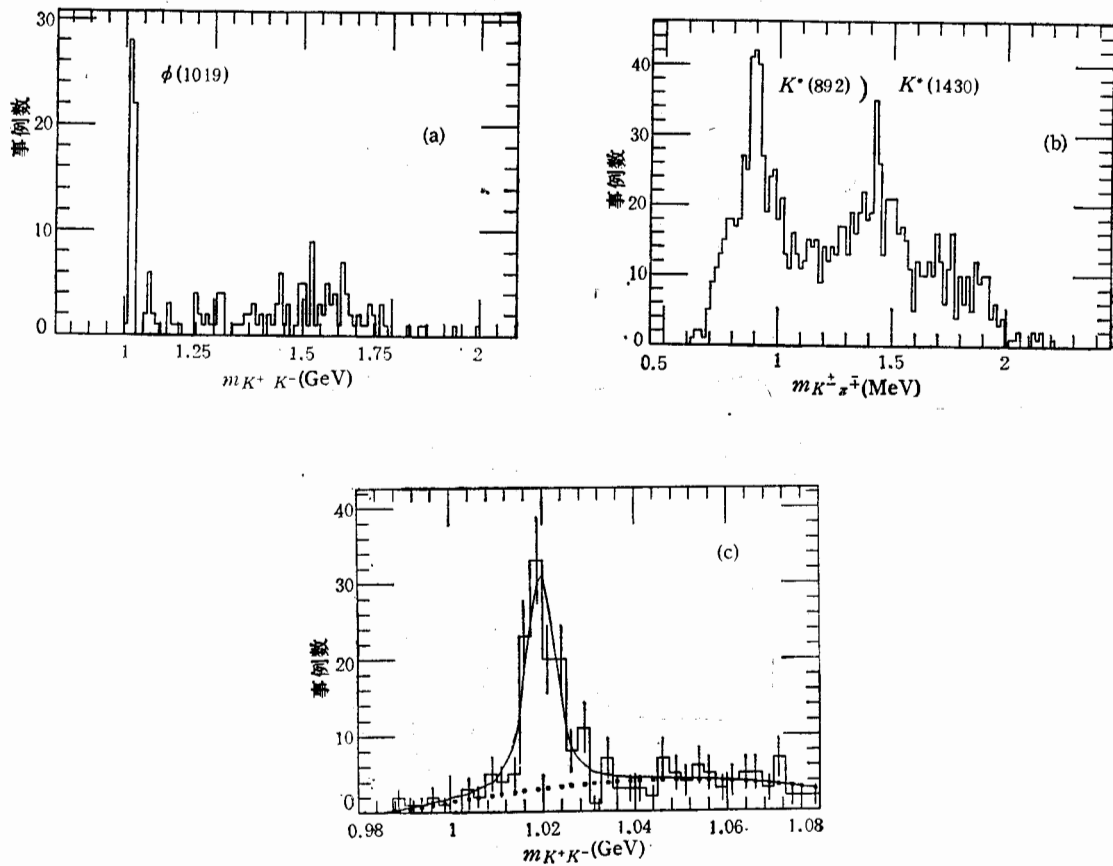


图7 (a) 由满足 $J/\psi \rightarrow K^+K^-K^+K^-$ 的事例中统计 K^+K^- 的不变质量, 存在 $\phi(1019)$ 的明显信号. (b) 满足 $J/\psi \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-$ 的事例, 由 $K^\pm\pi^\mp$ 的不变质量谱, 可以看到 $K^*(892)$ 与 $K_2^*(1430)$ 的信号. (c) 对(a)用 Breit-Wigner 公式拟合

$K^+K^-K^+K^-$ 和 $K^+K^-\pi^+\pi^-$ 的事例并统计出相应的 K^+K^- 及 $K^\pm\pi^\mp$ 的不变质量谱。图 7 给出这两类事例中分别看到的 $\phi(1019)$ 和 $K^*(892)$ 、 $K_2^{*0}(1430)$ 的信号。对 $\phi(1019)$ 的峰也用 Breit-Wigner 公式拟合, 给出的实验测定结果为质量 $1.0202 \pm 0.0004 \text{ GeV}/c^2$, 宽度 $0.0060 \pm 0.0009 \text{ GeV}/c^2$ 。

上述几例说明在北京谱仪主漂移室、簇射计数器以及时间飞行计数器等主要部件所取得的数据基本上是正常的, 初步的分析也已获得相当一些确切无疑的物理信号, 我们正期待着用北京谱仪的数据进一步作出有意义的物理分析结果。

北京谱仪的数据生成已逐步形成几套程序, 在整体离线软件的支持下, 由高能所物理一室数据产生组及参加国家实验室的各院校有关同志协作进行日常操作。作者在此感谢高能所物理一室全体同事的合作, 感谢郑志鹏, 郁忠强等所室负责同志给予这项工作的关照和支持, 以及数据刻度组给以的配合和贡献; 我们还衷心感谢高能所计算中心的同志, 他们辛勤地维护并保证了计算机的日夜运转。

参 考 文 献

- [1] 郑志鹏, 新加坡第 25 届国际高能物理会议上的报告, 1990 年 8 月。(会议文集待出版)
- [2] 李卫国, 美国第 10 届国际对撞物理会议上的报告, 1990 年 6 月。(会议文集待出版)
- [3] Berkeley Particle Data Group, «Particle Properties Data Booklet» 1988.
- [4] R. Ronne, Kinematical Analysis of Bubble Chamber Pictures, «Proceedings of the 1964 Eastev School for Physicists» CERN 64-13, p. 92.
- [5] Kevin F. Einsweiler, «Radiative Decay of the $\phi(3097)$ to Two Meson Final States» p.243, SLAC-272, UC-34D.

BES Offline Data Processing

XU RONGSHENG LANG PENGFEI CHEN YAQING ZHANG SAOQIANG

PANG LINGJUN WANG TAIJIE HUANG DEQIANG ZHANG DAHUA ZHENG MIN

JIA QIUPING HU JU GAO YUANNING HUANG YINZHI

MA ENCHENG ZHAO ZHENGGUO

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing 100039)

LIU FENG

(Physics Department, Middle China Normal University, Wuhan 430070)

CHEN SHAOMIN

(Physics Department, Guangxi University, Nannin 530004)

ZHANG XUEYAO LI QUN

(Physics Department, Shandong University, Jinan 250100)

ABSTRACT

Data production of BES offline analysis is described, filter criteria of events are presented, and the division of the DST data, the reconstructed events, is introduced. Some physics signals first seen in BES from preliminary analyzing are also shown in this paper to prove the reliability of BES data.