

北京谱仪触发判选系统的模拟*

刘 斌¹⁾ 过雅南 赵棣新 马恩成
李 德 张月元 陈鑫东

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

摘要 介绍了北京谱仪(BES)触发判选系统的模拟程序,并用实验数据对其正确性作了验证.运用该程序,首次用 BES 的蒙特卡罗(Monte Carlo)数据从系统角度直接给出了触发判选效率,所得结果与实验方法测定的触发效率相一致,说明触发判选系统符合 BES 物理取数的要求.该模拟软件可以用来完备 BES 的 Monte Carlo 程序库,并可为今后触发系统的研究提供参考数据.

关键词 触发判选 模拟 触发效率

1 引言

触发判选系统^[1]是北京谱仪(BES)^[2,3]的数据获取系统中重要组成部分,用来尽可能地排除本底,保留真正的物理事例;降低事例率,减小死时间.随着北京谱仪各探测器系统升级改造的完成,触发判选系统结构也已确定,因此对触发系统进行仿真模拟成为可能.另外,现在 BES 的 Monte Carlo 模拟程序中,由于缺少对当前触发系统模拟的软件,输出数据中无触发信息,影响了 Monte Carlo 数据的完整及对触发系统的进一步研究,因而,对触发系统进行仿真,编写相应的模拟软件是十分必要和有意义的.

北京谱仪在多年的运行实验中,非常注意触发效率的测量,因为它关系到系统的触发率和数据的信噪比,还和物理分析密切相关,特别是与衰变分支比及其系统误差的确定直接相关^[4,5].以往 BES 的触发判选系统的效率研究^[6,7],是通过实验,首先测量出各触发条件对不同事例类型的效率,然后利用这些效率推算出整个触发系统对于不同事例类型的触发效率.该方法简单直观且实用,同时也可直接反映谱仪各子探测器的工作效率.现在通过对触发系统的模拟,利用 BES 的 Monte Carlo 数据,可以直接测量通过触发系统模拟判选的事例占整个测试事例样本的比例,即触发系统对该事例类型的触发效率.因此,它是从系统的角度直接给出了模拟触发效率.通过测量不同的模拟触发效率,可以研究触发判选系统的触发条件表设置及其影响.

1999-12-02 收稿,2000-02-29 收修改稿

* 国家自然科学基金(19991480)和中国科学院基金(KJ95T-03)资助

1) E-mail: liub@hpws6.ihep.ac.cn

2 触发模拟及验证

2.1 触发模拟

北京谱仪的每种探测器都有对应的触发判选电路. 它们对从各探测器来的信号进行处理, 如寻迹、配对、能量甄别等, 得到代表一定特征的信号即触发条件^[1,6], 送到主触发电路, 按触发条件表^[1,6]进行判选. 这个过程也是触发系统软件模拟的设计基础.

北京谱仪触发判选系统共有 18 个触发条件 (ACTIVE 表示某触发事例类型是否工作), 其中主要的几个分别是: TBB, 即桶部飞行时间计数器 (BTOF) 上有两个击中, 且它们的夹角的绝对值大于 170° ; $N_{\text{TOF}} \geq 1$ 和 $N_{\text{TRK}} \geq 2$, 即 BTOF 上有一个或两个以上击中; $N_{\text{VC}} \geq 1$, 即在顶点探测器 (VC) 中找到 1 条以上径迹; RADIAL, 即粒子沉积在桶部簇射计数器 (BSC) 同一 ϕ 角的一个楔型内的 12 个单元中的能量信号之和超过一个预先设置的触发阈值, 并且这些信号分布应满足能量平衡条件; $N_{\text{TRK}} \geq 1$, $N_{\text{TRK}} \geq 2$ 和 $N_{\text{TRK}} \geq 4$, 即在主漂移室 (MDC) 中找到 1 或 2 或 4 条以上的径迹; $E_{\text{TOT-L}}$, $E_{\text{TOT-H}}$, 即粒子在 BSC 各部分的能量信号之和超过两个预先设置的触发阈值; ESC- E_{TOT} , 即粒子在端盖簇射计数器

(ESC) 各部分的能量信号之和超过一个预先设置的触发阈值; MU-OR, 即在 μ 计数器中至少有一个击中.

对触发判选系统的模拟, 首先要将事例数据中的数据指针读出, 然后对非空的数据指针指向的各探测器进行触发模拟, 最后输出事例的模拟触发条件, 其流程如图 1(a) 所示.

对于每种探测器的触发模拟, 都有大致相同的过程: 首先, 将探测器中被击中的单元信号读出, 与设置的甄别阈值比较, 信号超过甄别阈值的单元就被设定触发头标记; 然后, 对有触发头标记的单元进行逻辑组合 (即寻迹配对), 或将它们对应的能量信号相加, 与预先设置的能量触发阈值比较 (即能量甄别); 最后根据上述结果设置相应的触发条件位, 其流程如图 1(b) 所示.

需要说明的是:

(1) 触发判选系统软件模拟最

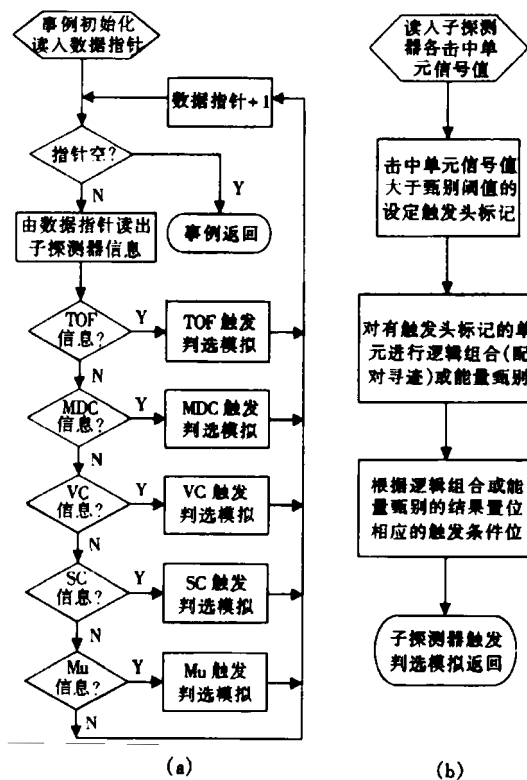


图 1 模拟软件流程图

(a) 触发判选系统; (b) 子探测器触发判选系统.

后输出结果为事例的触发条件;触发类型是按物理事例取数要求设置的触发条件逻辑组合,用户可通过设置不同的触发表,来检测不同的触发条件组合对触发类型、触发效率的影响.

(2) 触发模拟中对来自了探测器的击中单元信号值进行甄别的阈值有两类:一类是模拟为减少电子学噪声而设置的阈值,如主漂移室(MDC)、顶点探测器(VC)等阈值,直接给出;另一类是模拟触发判选所用的阈值,如桶部簇射计数器(BSC)、端盖簇射计数器(ESC)的能量阈值,需要由实验方法测定给出具体步骤¹⁾.

2.2 触发模拟的验证

为了验证触发判选系统模拟的真实性,采用实际触发数据与模拟产生的数据相比较的方法,对于不同的事例,如带电强子、纯中性、Bhabha 和双 μ 事例,模拟触发条件的效率应与对应的实际触发条件的效率基本一致. 如果我们能仅用触发条件去挑选这些事例,那么,用模拟产生的触发条件与用实际的触发条件,两者挑选的结果应基本一致.

实际数据是用 1999 年初 J/ψ 取数时的 RUN11991. 具体验证步骤如下:

首先,利用离线筛选出实际数据中的 4 种事例类型样本:带电强子、纯中性、Bhabha 和双 μ 事例,统计满足实际硬件触发系统的各触发条件. 各事例类型的离线选择条件见注2)附录中的有关内容.

其次,将各事例类型样本通过触发系统模拟软件,生成对应的模拟的各触发条件,并对其进行统计.

最后,对两个统计结果进行比较、验证,如图 2 所示. 图中,横坐标上数字 1 到 14 对应的是 14 个触发条件: TBB, $N_{\text{TOF}} \geq 1$, $N_{\text{TOF}} \geq 2$, RADIAL, $N_{\text{VC}} \geq 1$, $N_{\text{E:TOF}} \geq 1$, $E_{\text{TOF}} \text{ BB}$, $N_{\text{TRK}} \geq 1$, $N_{\text{TRK}} \geq 2$, $N_{\text{TRK}} \geq 4$, MU-OR, ESC- E_{TOT} , $E_{\text{TOT-L}}$ 和 $E_{\text{TOT-H}}$.

从图 2 中可以看出:

(1) 对于 Bhabha 和纯中性事例,各触发条件的模拟结果与实际数据基本符合;

(2) 对于带电强子事例和双 μ 事例,各触发条件的模拟结果与实际数据基本符合,除了在径向触发条件 RADIAL 上有较大差别;对模拟结果和实际数据中 RADIAL 不同的 120 个带电强子事例和 150 个双 μ 事例进行了单事例扫描,结果是这些事例均可符合径向条件 RADIAL,说明实际 RADIAL 对于这两类事例的触发效率低,这与实验测定的实际触发效率¹⁷⁾是符合的. 同时,由于该条件对上面两类事例的判选没有影响,而对中性事例的判选起着决定性作用,因此径向条件的阈值设置应尽量保证中性事例的模拟结果与实际数据相符合.

由此得出,该软件虽然对某些事例类型少数几个触发道的模拟结果与实验数据有一些差别,但基本上能够比较真实地模拟当前的触发判选系统;可以用来对 Monte Carlo 产生的事例进行触发模拟,输出相应的各触发条件,弥补现在 Monte Carlo 产生的事例中缺少触发信息的不足.

1) 陈宝玖. 硕士论文. 东北师范大学. 1996. 37—43

2) 刘斌. 博士论文. 中国科学院高能物理研究所. 2000. 141—144

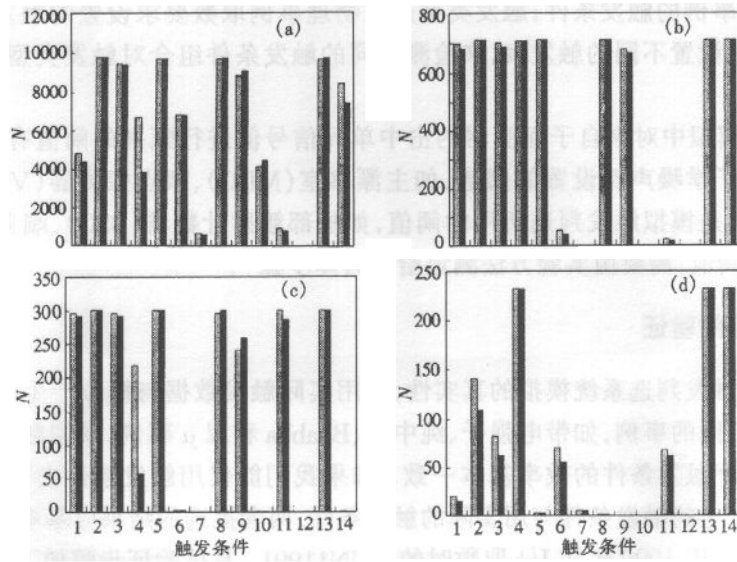


图 2 不同事例类型的实际触发条件与模拟触发条件的统计比较

(a) 带电强子事例; (b) Bhabha 事例; (c) 双 μ 事例; (d) 纯中性事例.

▨ 模拟数据, ■ 实际数据.

3 触发效率的模拟测量

编写触发判选系统模拟软件,除了上述的意义外,还能利用 Monte Carlo 产生的事例数据,从系统的角度直接给出触发判选系统对于不同的事例类型的触发效率.同时也从侧面来进一步验证该模拟软件对触发系统的描述是否准确.测量方法的基本思想是:利用 Monte Carlo 产生某一事例类型的样本集,通过离线筛选出一组事例样本,设其总数为 N ;该样本再通过触发模拟,输出通过触发判选的事例,设其总数为 M ;则触发判选系统对该事例类型的触发效率为 M/N 的比值.

表 1 不同事例类型的模拟触发效率

事例类型	Monte Carlo 产生的事例数	离线筛选出的事例数	离线选出且通过触发模拟判选的事例数	模拟触发效率 (%)
带电强子事例	30000	21064	21036	99.9
Bhabha 事例	10000	6772	6772	100
双 μ 事例	10000	3868	3862	99.8
纯中性事例	10000	1103	998	90.5

表 1 为利用 Monte Carlo 数据给出的不同事例类型的模拟触发效率.对照用实验方法^[6]测得到带电强子、Bhabha 和双 μ 事例的触发效率,99.08%,100%和 99.05%,可以得出:两种方法的结果基本符合,模拟方法的结果是对实验测定方法的支持,说明触发判选系统的各项条件设置符合 BES 物理取数的要求.

对于纯中性事例,实验方法没有能给出实际的触发效率,表 1 中给出了其模拟触发效

率为 90.5%。对表 1 中离线筛选出的但没有通过模拟触发的 105 个纯中性事例进行了单事例扫描,结果表明其中 90 个事例确实不符合径向条件 RADIAL 判选中的能量平衡要求,故没能通过模拟触发,使得模拟触发效率偏低。

因此,该触发判选系统模拟软件是可以用来完备 BES 的 Monte-Carlo 程序库,可以为今后触发条件的设置、触发研究、实验方案的确定及物理分析提供参考数据。

作者感谢 J/ψ 组郭子金博士在事例样本选择上的大力支持和有益讨论。感谢陈江川博士和黄光顺博士在 Monte Carlo 数据产生上的支持和帮助。

参考文献(References)

- 1 GUO Ya-Nan et al. High Energy Phys. and Nucl. Phys., 1990, **14**(12):1057—1066 (in Chinese)
(过雅南等. 高能物理与核物理, 1990, **14**(12):1057—1066)
- 2 BAI J Z et al. Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res., 1994, **A344**:319—334
- 3 DING Hui-Liang et al. High Energy Phys. and Nucl. Phys., 1992, **16**(9):769—789 (in Chinese)
(丁慧良等. 高能物理与核物理, 1992, **16**(9):769—789)
- 4 BAI J Z et al. Phys. Lett., 1995, **B355**:374—380
- 5 BAI Jing-Zhi et al. High Energy Phys. and Nucl. Phys., 1995, **19**(8):673—685 (in Chinese)
(白景芝等. 高能物理与核物理, 1995, **19**(8):673—685)
- 6 YU Zhong-Qiang et al. High Energy Phys. and Nucl. Phys., 1995, **19**(12):1062—1067 (in Chinese)
(郁忠强等. 高能物理和核物理, 1995, **19**(12):1062—1067)
- 7 LI Zhong-Chao. Trigger Efficiency Study for R Scan. In: BES Collaboration. The 7th BES Annual Meeting. BES Collaboration. Beijing: 1998. 117—122

Simulation of BES Trigger*

LIU Bin¹⁾ GUO Ya-Nan ZHAO Di-Xin MA En-Cheng

LI De ZHANG Yue-Yuan CHEN Xin-Dong

(Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing 100039, China)

Abstract A simulation program of BES trigger is described and a comparison of its results with experimental data is presented. With this program, the efficiencies of BES trigger system for different kinds of events generated by Monte-Carlo simulation are given for the first time and they are consistent with those measured by the experimental method. It proves that this trigger simulation code is suitable for studying the performance of BES trigger system and is a complement of BES Monte-Carlo simulation code library.

Key words trigger, simulation, efficiency

Received 2 December 1999, Revised 29 February 2000

* Supported by NSFC (19991480) and The Chinese Academy of Sciences (KJ95T-03)

1) E-mail: liub@hpws6.ihp.ac.cn