

# BESIII 测量 $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$ 的蒙特卡洛研究

姬清平,周祎卓

(河南师范大学 物理与材料科学学院,河南 新乡 453007)

**摘要:**基于 BESIII 合作组的离线软件框架 BOSS,利用该合作组产生的 1 225 M 单举  $J/\Psi$  事例,研究在 BESIII 探测器上实现测量到超子辐射稀有衰变过程  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  的分支比的可能性.以无信号事例的单举  $J/\Psi$  事例样本为背景样本,以纯信号蒙特卡罗事例为信号样本,控制信号事例,在分别假设观测到  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  衰变过程信号显著水平为  $3\sigma$  和  $5\sigma$  的情况下,得到该衰变过程对应的分支比.

**关键词:**超子辐射衰变;BESIII 探测器;蒙特卡洛研究;分支比

**中图分类号:**O413

**文献标志码:**A

奇异超子被发现已经 60 余年,其主要衰变模式已经被实验所测量,但是人们还没有完全了解这些粒子的性质.对它们精确测量能够为理解 QCD 的低能行为提供有益信息.特别是对奇异超子的辐射稀有衰变过程的测量,有利于揭示味守恒过程中宇称破坏可能的新机制.关于奇异超子稀有衰变过程,目前一些过程还没有实验数据分析,一些过程的实验结果与理论不一致.在相对论夸克袋模型和非相对论势模型中,低质量的奇异超子的辐射衰变宽度已有了详细的计算.在非相对论势模型中,由于色八重态和十重态的混合效应, $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  的辐射衰变宽度被估计约为  $3 \text{ keV}^{[1]}$ .考虑到  $\Xi(1530)^-$  粒子的全宽度约为  $9.9 \text{ MeV}^{[2]}$ ,可以推断出重子辐射衰变过程  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  的分支比约为  $3 \times 10^{-4}$ .1975 年,美国布鲁克海文实验室在 90% 置信水平上报道了该衰变过程的分支比上限为  $B(\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-) \leq 0.04^{[3]}$ ,比理论计算的结果要高出 2 个量级.除此之外,到目前为止,实验上还没有精确测量出这一衰变过程的分支比来验证该理论计算结果.在实验上通过对该衰变过程的研究,分析它们的衰变特性,有助于检验上述理论模型计算的正确性,加深对强子结构的理解和认识.

粲偶素超子衰变为研究超子的各种性质提供了一个重要渠道.北京谱仪-III 探测器于 2009 年和 2012 年在粲偶素  $J/\Psi$  粒子的共振峰上总共采集了总量约 13 亿  $J/\Psi$  事例<sup>[4]</sup>.利用北京谱仪 III 探测器采集到的该数据样本可对  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  进行更详细的研究.

## 1 BESIII 探测器及蒙特卡洛模拟

北京谱仪 III(BESIII 探测器)是国家大科学装置北京正负电子对撞机-II(BEPCII)上的科学研究装置,是新一代大型通用粒子探测系统,用来探测正负电子对撞的产物并中间对撞过程<sup>[5]</sup>,主要用于  $\tau$ -粲能区的实验<sup>[6]</sup>.该探测器主要由主漂移室、飞行时间计数器、电磁量能器、低温超导螺旋线磁铁、子探测器等部分组成.更多关于 BESIII 探测器各部分结构、功能与参数见文献<sup>[4]</sup>.

本文利用 BESIII 合作组建立的 BESIII 离线软件系统 BOSS<sup>[5]</sup>下进行的. BOSS 是基于 GAUDI<sup>[7]</sup> 框架并利用 GEANT4<sup>[8]</sup> 模拟 BESIII 探测器信息的一套系统.本文采用的 BOSS 版本为 BOSS664.p01,利用了 BESIII 合作组在该 BOSS 版本下产生的事例总数约为 1 225 M 的单举  $J/\Psi$  蒙特卡洛(Monte Carlo, MC)样本.在产生该样本时,  $J/\Psi$  已知衰变过程均按照《粒子物理评论》(PDG)<sup>[2]</sup> 上的分支比设定,剩余的未知部分

收稿日期:2018-05-23;修回日期:2018-09-20.

基金项目:国家自然科学基金(11605042);中国博士后第 62 批面上资助项目(2017M622347).

作者简介(通信作者):姬清平(1983-),女,河南南阳人,河南师范大学讲师,博士,硕士生导师,研究方向为粒子物理实验研究, E-mail:jiqingping@htu.edu.cn.

由 LUNDCHARM<sup>[9]</sup> 随机产生, 其次级粒子  $E(1530)^-$  也是按照同样的方法设定分支比, 产生了 10 000 个信号 MC 事例样本, 其完整的衰变链为  $J/\Psi \rightarrow E(1530)^- \bar{E}^+$ ,  $E(1530)^- \rightarrow \gamma E^-$ ,  $E^- \rightarrow \Lambda \pi^-$ ,  $\bar{E}^+ \rightarrow \bar{\Lambda} \pi^+$ ,  $\Lambda \rightarrow p \pi^-$ ,  $\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p} \pi^+$  事例. 其中  $J/\Psi \rightarrow E(1530)^- \bar{E}^+$  用 J2BB3 产生子<sup>[10]</sup> 产生, 其他过程均采用相空间产生子产生.

## 2 数据分析

本文通过分析  $J/\Psi \rightarrow E(1530)^- \bar{E}^+$ ,  $E(1530)^- \rightarrow \gamma E^-$ ,  $E^- \rightarrow \Lambda \pi^-$ ,  $\bar{E}^+ \rightarrow \bar{\Lambda} \pi^+$ ,  $\Lambda \rightarrow p \pi^-$ ,  $\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p} \pi^+$  来研究  $E(1530)^- \rightarrow \gamma E^-$ . 因而该衰变道最终末态粒子组成为  $\gamma p \bar{p} 2(\pi^+ \pi^-)$ .  $\gamma$  为中性径迹,  $p \bar{p}(\pi^+ \pi^-)$  为带电径迹.

### 2.1 径迹初选

中性径迹的选择条件具体如下<sup>[11-13]</sup>: 符合要求的光子通过电磁量能器中电磁簇射来进行筛选. 由于电磁量能器(EMC)的结构特点, 电磁量能器的桶部( $|\cos \theta| < 0.8$ )要求光子沉积能量大于 25 MeV, 而在电磁量能器的端盖部分( $0.86 < |\cos \theta| < 0.92$ )要求光子的沉积能量则大于 50 MeV. 在计算电磁量能器的沉积能量时包括了附近飞行时间探测器(TOF)中的沉积能量. 为了排除来自带电粒子产生的簇射, 要求电磁量能器(EMC)信号时间( $T_{\text{EMC}}$ )满足  $0 \text{ ns} \leq T_{\text{EMC}} \leq 700 \text{ ns}$ .

带电径迹的选择条件参考文献[11-13]. 具体如下: BESIII 探测器中的带电径迹由在 MDC 上的击中来重建, 并要求带电径迹的极角  $|\cos \theta| < 0.93$ . 由于本研究的末态带电粒子的母粒子均是长寿命粒子, 均要在 MDC 中飞行一段距离后才发生衰变, 所以不对带电径迹与对撞顶点之间的距离多做约束.

### 2.2 事例挑选

本项研究的衰变过程的末态粒子为  $\gamma p \bar{p} 2(\pi^+ \pi^-)$ . 因此要求事例的光子数满足  $1 \leq N_\gamma \leq 10$ , 带正电的径迹数至少为 3, 带负电的径迹数也至少为 3. 为了挑选  $2(\pi^+ \pi^-)$  候选径迹, 首先要求事例中的带电径迹所带电荷的总数为 0. 为了降低背景水平, 对它们进行了粒子鉴别. 其中粒子鉴别方法参考文献[10-12]. 在此基础上, 用次级顶点拟合方法<sup>[10]</sup> 重建出长寿命粒子  $\Lambda$ ,  $\bar{\Lambda}$ ,  $E^-$  和  $\bar{E}^+$ , 并要求组成  $\Lambda$  或者  $\bar{\Lambda}$  的粒子的不变质量满足  $|M_{p\pi^-/\bar{p}\pi^+} - (1.1157 \text{ MeV}/c^2)| < 5 \text{ MeV}/c^2$  (即  $\Lambda$  或者  $\bar{\Lambda}$  的信号窗), 组成  $E^-$  或者  $\bar{E}^+$  的粒子的不变质量满足  $|M_{\Lambda\pi^-/\bar{\Lambda}\pi^+} - (1.3217 \text{ MeV}/c^2)| < 8 \text{ MeV}/c^2$  (即  $E^-$  或者  $\bar{E}^+$  的信号窗). 图 1(a) 和 (b) 分别展示的是  $p\pi^-$ ,  $\bar{p}\pi^+$  的不变质量谱, 图 2(a) 和 (b) 分别展示的是  $\Lambda\pi^-$  和  $\bar{\Lambda}\pi^+$  的不变质量谱, 其中的蓝色箭头表示上述所取的信号窗.

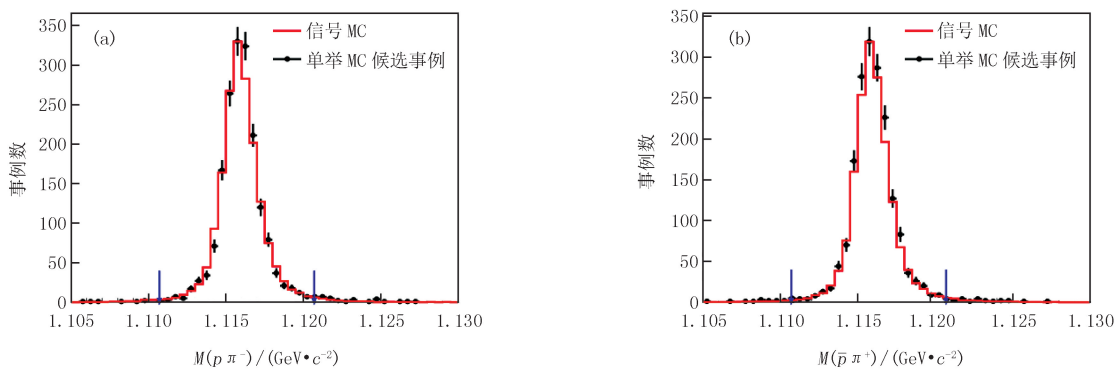


图 1 信号 MC (直方图) 和单举 MC (误差棒) 样本中  $p\pi^-$  (a) 和  $\bar{p}\pi^+$  (b) 的不变质量谱. 信号 MC 归一化为单举 MC.

Fig.1 Invariant mass spectrum of  $p\pi^-$  (a) and  $\bar{p}\pi^+$  (b) from exclusive signal MC (histogram) and inclusive MC (error bar) sample, where the signal MC sample is normalized to the inclusive MC sample.

图 3 展示了单举 MC 样本中的散点图 (a)  $M(p\pi^-)$  vs  $M(\bar{p}\pi^+)$  和 (b)  $M(\Lambda\pi^-)$  vs  $M(\bar{\Lambda}\pi^+)$ . 由此可见在单举 MC 样本中有很多重子对  $\Lambda\bar{\Lambda}$  和  $E^- \bar{E}^+$  存在.

对所有满足上述选择条件的候选粒子进行初、末态粒子能动量守恒的运动学拟合<sup>[14]</sup>. 若候选事例内有多种组合满足上述条件, 则只保留运动学拟合的  $\chi^2$  值最小的一种组合作进一步的研究. 在约束了  $\Lambda$ ,  $\bar{\Lambda}$ ,  $E^-$

和  $\bar{\Xi}^+$  的信号窗之后,图 4(a)和(b)分别展示了信号 MC 和单举 MC 中运动学拟合的  $\chi^2$  分布.由此可以看出,有一个衰变末态粒子和信号过程的末态粒子完全相同的背景过程  $J/\Psi \rightarrow \gamma \eta_c \rightarrow \gamma \Xi^- \bar{\Xi}^+$ ,其  $\chi^2$  分布和信号的  $\chi^2$  分布是一样的.除此之外,还有其他背景过程如  $J/\Psi \rightarrow \Xi(1530)^- \bar{\Xi}^+$ ,其中  $\Xi(1530)^- \rightarrow \pi^0 \Xi^-$  (图 4(b)中粉红色填充直方图)或者  $\Xi(1530)^- \rightarrow \pi^- \Xi^0$  (图 4(b)中蓝色填充直方图)等.因此要求运动学拟合得到的  $\chi^2$  小于 40 以压低背景.

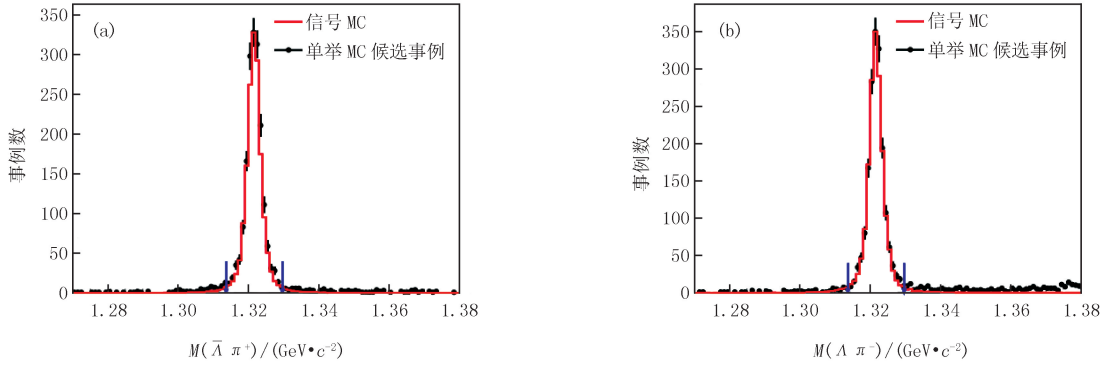


图 2 信号 MC (直方图) 和单举 MC (误差棒) 样本中  $\bar{\Lambda} \pi^-$  (a) 和  $\Lambda \pi^+$  (b) 的不变质量谱. 信号 MC 归一化为单举 MC.

Fig. 2 Invariant mass spectrum of  $\bar{\Lambda} \pi^-$  (a) and  $\Lambda \pi^+$  (b) from exclusive signal MC (histogram) and inclusive MC (error bar) sample, where the signal MC sample is normalized to the inclusive MC sample.

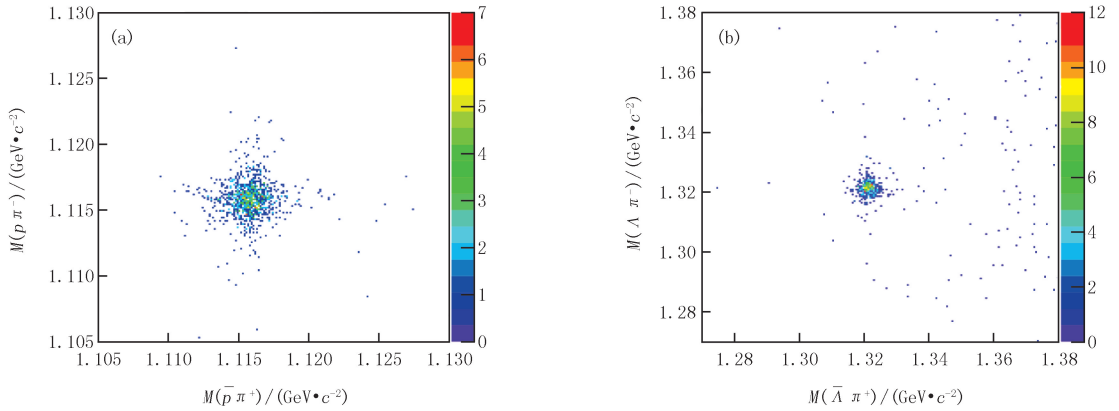


图 3 单举 MC 样本中的散点图  $M(p \pi^-)$  vs  $M(\bar{p} \pi^+)$  (a) 和  $M(\Lambda \pi^-)$  vs  $M(\bar{\Lambda} \pi^+)$  (b)

Fig. 3 Scatter plot of  $M(p \pi^-)$  vs  $M(\bar{p} \pi^+)$  (a) and  $M(\Lambda \pi^-)$  vs  $M(\bar{\Lambda} \pi^+)$  (b) from the exclusive MC sample

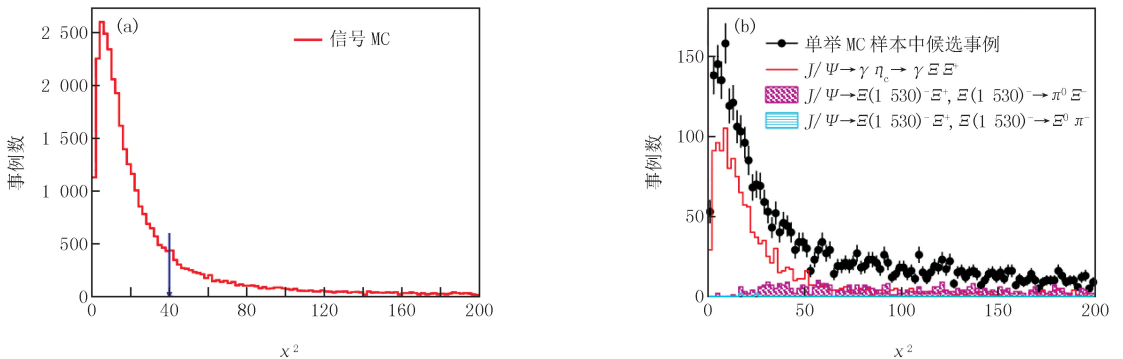


图 4 信号 MC (a) 和单举 MC (b) 样本中候选事例的  $\chi^2$  分布

Fig. 4 The  $\chi^2$  distribution from the exclusive MC (a) and inclusive MC (b) sample

在约束了  $\Lambda$ 、 $\bar{\Lambda}$ 、 $\Xi^-$  和  $\bar{\Xi}^+$  的质量窗以及运动学拟合的  $\chi^2 < 40$  的条件下, 图 5(a) 和 (b) 分别展示的是信号 MC 和单举 MC 中  $\gamma \Xi^-$  的不变质量谱. 图 5(b) 的直方图表示在单举 MC 样本中发现的峰状背景过程.

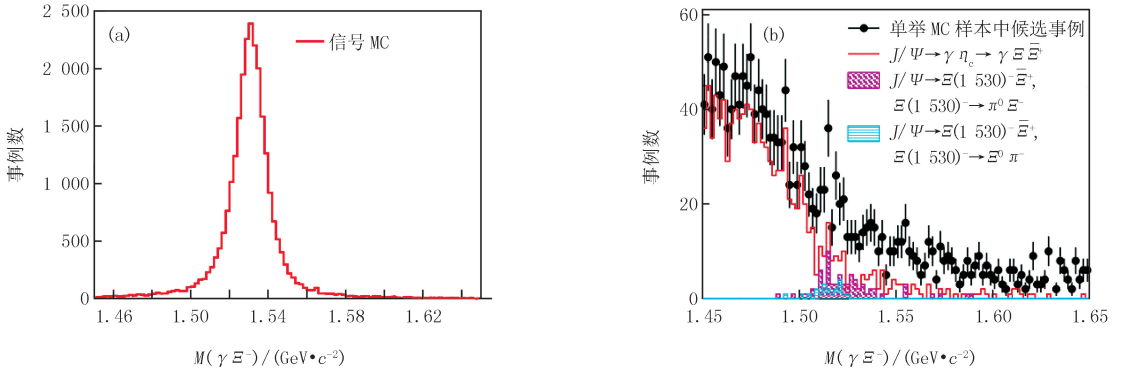


图 5 信号 MC (a) 和单举 MC (b) 样本中候选事例  $M(\gamma \Xi^-)$  的分布

Fig. 5 The invariant mass of  $M(\gamma \Xi^-)$  from exclusive MC (a) and inclusive MC (b) sample

### 2.3 背景分析与去除

对经过上述筛选条件后, 仍有部分背景事例能够通过这些条件. 在单举  $J/\Psi$  样本中,  $\Xi(1530)^-$  衰变末态中  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  的分支比设定为零, 因而在该单举样本中所得的候选事例全部是背景事例. 单举  $J/\Psi$  样本经过事例筛选条件后所剩的衰变链和事例数如表 1 所示.

表 1 单举  $J/\Psi$  MC 样本通过事例筛选条件后剩下的主要衰变链及事例数

Tab.1 The decay chain and event number of the survived events after event selection for the inclusive MC sample

衰变链	事例数
$J/\Psi \rightarrow \gamma \eta_c, \eta_c \rightarrow \Xi^- \bar{\Xi}^+, \Xi^- \rightarrow \Lambda \pi^-, \bar{\Xi}^+ \rightarrow \bar{\Lambda} \pi^+, \Lambda \rightarrow p \pi^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p} \pi^+$	1 083
$J/\Psi \rightarrow \bar{\Xi}^+ \Xi(1530)^-, \bar{\Xi}^+ \rightarrow \bar{\Lambda} \pi^+, \Xi(1530)^- \rightarrow \Xi^- \pi^0, \Xi^- \rightarrow \Lambda \pi^-, \Lambda \rightarrow p \pi^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p} \pi^+$	69
$J/\Psi \rightarrow \bar{\Xi}^+ \Xi(1530)^-, \bar{\Xi}^+ \rightarrow \bar{\Lambda} \pi^+, \Xi(1530)^- \rightarrow \Xi^0 \pi^-, \Xi^0 \rightarrow \Lambda \pi^0, \Lambda \rightarrow p \pi^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p} \pi^+$	20
$J/\Psi \rightarrow \bar{\Xi}(1530)^+ \Xi^-, \Xi^- \rightarrow \Lambda \pi^-, \bar{\Xi}(1530)^+ \rightarrow \bar{\Xi}^+ \pi^0, \bar{\Xi}^+ \rightarrow \bar{\Lambda} \pi^+, \Lambda \rightarrow p \pi^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p} \pi^+$	44
$J/\Psi \rightarrow \bar{\Xi}(1530)^+ \Xi^-, \Xi^- \rightarrow \Lambda \pi^-, \bar{\Xi}(1530)^+ \rightarrow \bar{\Xi}^0 \pi^+, \bar{\Xi}^0 \rightarrow \bar{\Lambda} \pi^0, \Lambda \rightarrow p \pi^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p} \pi^+$	20
总数	1 236

图 5(b) 所示为单举  $J/\Psi$  样本经过事例筛选条件后所剩的候选事例的不变质量谱  $M(\gamma \Xi^-)$  的分布. 可以看出在  $\Xi(1530)^-$  的信号区内有少量峰状背景混入候选事例. 经过分析得知这些峰状背景为多个衰变过程共同贡献所得, 包括  $J/\Psi \rightarrow \Xi(1530)^- \bar{\Xi}^+$ , 其中  $\Xi(1530)^- \rightarrow \pi^0 \Xi^-$  (图 5(b) 中粉红色填充直方图) 或者  $\Xi(1530)^- \rightarrow \pi^- \Xi^0$  (图 5(b) 中蓝色填充直方图), 以及  $J/\Psi \rightarrow \gamma \eta_c \rightarrow \gamma \Xi^- \bar{\Xi}^+$  (图 1 中红色直方图). 在此, 使用这些峰状背景过程的 MC 形状来描述这些峰状背景.

连续过程对于信号事例的污染通过在质心能量  $\sqrt{s} = 3.65$  GeV 产生的蒙特卡洛样本估计. 然而经过上述所有事例选择条件和本底压低条件, 连续区贡献在的不变质量谱上没有任何残余事例存在. 所以来自连续过程的背景事例对信号的影响可以忽略不计.

### 2.4 分支比计算

在单举  $J/\Psi$  MC 样本中分别加入信号事例, 利用信号的蒙特卡洛模拟的形状描述信号, 利用二阶多项式函数描述平滑背景, 利用峰状背景衰变道的蒙特卡洛模拟的分布形状描述峰状背景并固定其事例数, 对该不变质量谱  $M(\gamma \Xi^-)$  进行拟合, 得到拟合参数似然值, 然后去除信号函数再进行一次拟合得到相应拟合参数似然值, 计算对应的统计显著性  $\sigma$  的值. 相关拟合情况见图 6. 具体数值参见表 2.

根据下式可以计算对应统计显著度的分支比,

$$B(\Xi(1530)^-) = N^{\text{obs}} (N^{\text{tot}} B(J/\Psi) B(\bar{\Xi}^+) B(\Xi^-) B(\Lambda) B(\bar{\Lambda} \epsilon))^{-1},$$

式中  $B(J/\Psi) = B(J/\Psi \rightarrow \Xi(1530)^- \bar{\Xi}^+)$ ,  $B(\Xi(1530)^-) = B(\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-)$ ,  $B(\Xi^-) = B(\Xi^- \rightarrow \Lambda \pi^-)$ ,

$B(\bar{\Xi}^+) = B(\bar{\Xi}^+ \rightarrow \bar{\Lambda}\pi^+)$ ,  $B(\bar{\Lambda}) = B(\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\pi^+)$  以及  $B(\Lambda) = B(\Lambda \rightarrow p\pi^-)$ , 均表示相应衰变过程的分支比<sup>[2]</sup>,  $\epsilon$  是该过程的探测效率,  $N^{\text{tot}}$  是单举  $J/\Psi$  样本的总事例数. 将表 1 中的值代入上式, 得到相应的分支比如表 2 所示.

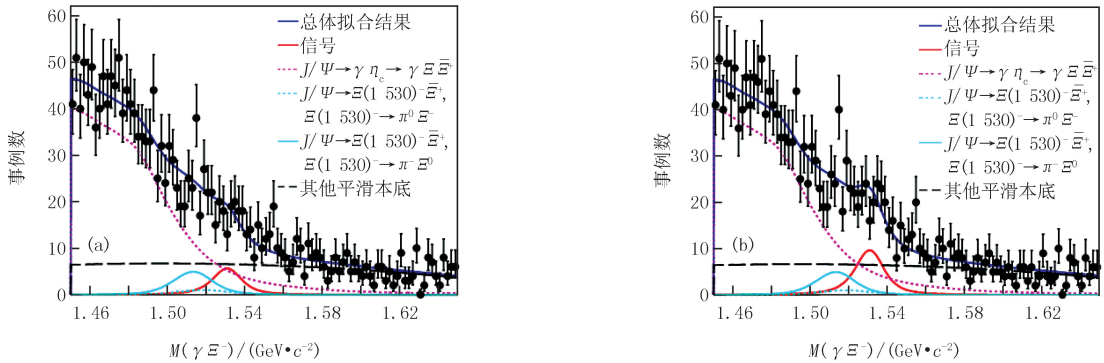


图 6  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  的不变质量谱  $M(\gamma \Xi^-)$  在  $3\sigma$  (a) 和  $5\sigma$  (b) 下的拟合结果

Fig. 6 Invariant mass spectrum of  $\gamma \Xi^-$  in the decay  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  from inclusive MC sample, where the statistical significance of signal is 3 times (a) and 5 times (b) standard deviation.

表 2 数值计算中的部分参数和结果

Tab.2 Some parameters used in the calculation and the final result

$B(J/\Psi)$	$B(\bar{\Xi}^+)$	$B(\Xi^-)$	$B(\bar{\Lambda})$	$B(\Lambda)$	$N^{\text{tot}}$	$\epsilon/\%$	置信水平	$N^{\text{obs}}$	$B(\Xi(1530)^-)$
$5.9 \times 10^{-4}$	0.998 87	0.998 87	0.639	0.639	$1.225 \times 10^9$	4.39	$3\sigma$	64	$4.9 \times 10^{-3}$
							$5\sigma$	106	$8.2 \times 10^{-3}$

### 3 结 论

本工作基于 BESIII 的离线软件系统, 用全重建方案对  $J/\Psi \rightarrow \Xi(1530)^- \bar{\Xi}^+$  过程进行研究. 在设定信号显著性水平的条件下, 实验上观测到  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  信号时其必须到达的分支比. 根据对 1 250 M 单举  $J/\Psi$  样本的分析, 在考虑背景影响的情况下, 在  $3\sigma$  和  $5\sigma$  信号显著水平下确定该过程最低观测事例数, 并计算得到在  $3\sigma$  和  $5\sigma$  信号显著水平下  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  对应的最低分支比分别为  $4.9 \times 10^{-3}$  和  $8.2 \times 10^{-3}$ . 考虑到实验数据中所包含的一些其他背景过程可能会对信号的显著水平带来影响, 利用 BESIII 探测器 2009 年和 2012 年期间采集的 13 亿  $J/\Psi$  实验数据,  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  的分支比水平需要达到  $10^{-3}$  量级才有可能被测量到. 该蒙特卡洛研究结果与 1975 年布鲁克海文实验室得到的实验结果相符, 但是比相关的理论预期高了一个量级.

### 参 考 文 献

- [1] Kaxiras E, Moniz E J. Hyperon radiative decay[J]. Phys Rev D, 1985(32): 695.
- [2] Particle Data Group. Review of particle physics[J]. Chin Phys C, 2016(40): 100001.
- [3] Kalbfleisch G R, Strand R C, Chapman J W. Decays of  $\eta'(958)$ ,  $\omega(783)$ ,  $\phi(1019)$ , and  $\Xi^{*-}(1535)$ [J]. Phys Rev D, 1975(11): 987.
- [4] BESIII Collaboration. Determination of the number of  $J/\Psi$  events with inclusive decays[J]. Chin Phys C, 2017, 41(1): 013001.
- [5] 王贻芳. 北京谱仪(BESIII)的设计与研制[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2011.
- [6] 李卫东, 刘怀民. BES 实验离线软件系统[C]//CHEP06 进展. 孟东: 高能物理研究, 2006.
- [7] Barrand G, Belyaev I, Binko P, et al. GAUDI-A software architecture and framework for building HEP data processing applications[J]. Computer Physics Communications, 2001, 140: 45-55.
- [8] Wright, Dennis H. Geant4-A Simulation Toolkit[J]. Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, 2002, 506(3): 250-303.
- [9] Chen J C, Huang G S, Qi X R, et al. Event generator for  $J/\Psi$  and  $\Psi(2S)$  decay [J]. Phys Rev D, 2000, 62: 034003.
- [10] Ping R G. Event generator at BESIII[J]. Chin Phys C, 2008, 32: 599-602.
- [11] BESIII Collaboration. Study of  $\Psi$  decays to  $\Xi^- \bar{\Xi}^+$  and  $\Sigma(1385)^\pm \bar{\Sigma}(1385)^\mp$  final states [J]. Phys Rev D, 2016, 93: 072003.

- [12] BESIII Collaboration, Study of  $\Psi$  decays to  $\Xi^0 \bar{\Xi}^0$  and  $\Sigma(1385)^0 \bar{\Sigma}(1385)^0$  final states [J]. Phys Lett B, 2017, 770: 217-225.
- [13] BESIII Collaboration, Study of  $J/\Psi$  and  $\Psi(3686)$  decay to  $\bar{\Lambda} \Lambda$  and  $\bar{\Sigma}^0 \Sigma^0$  final states. [J] Phys Rev D 2017, 95: 052003.
- [14] 黄性涛, 马连良, 王孔森, 等. 最小二乘法运动学拟合程序设计[J]. Chin Phys C, 2003(9): 27.

## Monte Carlo study of measurement of $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$ at BESIII

Ji Qingping, Zhou Yizhuo

(College of Physics and Materials Science, Henan Normal University, Xinxing 453007, China)

**Abstract:** Based on BOSS framework of BESIII Collaboration, by using the 1 225 M inclusive  $J/\Psi$  events produced by BESIII data production group, the possibility for measuring the branching fraction of  $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$  at BESIII was studied. Taking this 1 225 M inclusive  $J/\Psi$  events as background sample and exclusive Monte Carlo sample as signal sample, assuming the signal significant to be  $3\sigma$  and  $5\sigma$  by controlling the signal event, the corresponding branching fractions were obtained.

**Keywords:** hyperon rare radiative decay; BESIII detector; Monte Carlo study; branching fraction

[责任编辑 杨浦]

(上接第 16 页)

## Study of the correlations between SEP peak intensity with CME speed and source location by the simulation of statistical observation and their comparison method

Qi Shiyang<sup>1,2</sup>, Qin Gang<sup>1,2</sup>

(1. National Space Science Center, Chinese Academy of Science, Beijing 100190, China;

2. College of Earth Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** For the multiple SEP events with common characteristics, we summarize a statistical simulation method proposed in the previous work. The observation events are classified and sorted according to several indicators, and with the method of picking out the median value of each group as the typical value, hundreds of events are refined into several characteristic events to simulation. Thus, the numerical simulation time is simplified, and single variable can be controlled and its influence on the researched quantity can be investigated. We used this method to study the correlation between SEP peak intensity with the CME speed and the longitude position, and the corresponding conclusions were obtained by comparing observational data analysis. This method makes up for the defects that the effect of a single factor on the event is always incapable by the observation analysis. It also simplifies the numerical simulations number of the multiple individual events. The method is a good combination of numerical simulation and observation analysis.

**Keywords:** Solar energetic particle; coronal mass ejections; numerical simulation; multi-spacecraft observations

[责任编辑 陈留院]